



Tvilho Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet

Svendsen, L.M.; Sortkjær, O.; Ovesen, N.B.; Skriver, J.; Larsen, S.E.; Pedersen, Per Bovbjerg; Rasmussen, Richard Skøtt; Dalsgaard, Anne Johanne Tang

Publication date:
2006

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Svendsen, L. M., Sortkjær, O., Ovesen, N. B., Skriver, J., Larsen, S. E., Pedersen, P. B., Rasmussen, R. S., & Dalsgaard, A. J. T. (2006). *Tvilho Dambrug - et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet*. Danmarks Fiskeriundersøgelser. DFU-rapport No. 168-06
[http://www.difres.dk/dk/publication/files/18122006\\$168-06,%20elektronisk_index.pdf](http://www.difres.dk/dk/publication/files/18122006$168-06,%20elektronisk_index.pdf)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Tvilho Dambrug

- et modeldambrug under forsøgsordningen

Statusrapport for 1. måleår af monitoreringsprojektet

Lars M. Svendsen, Danmarks Miljøundersøgelser
Ole Sortkjær, Danmarks Miljøundersøgelser
Niels Bering Ovesen, Danmarks Miljøundersøgelser
Jens Skriver, Danmarks Miljøundersøgelser
Søren Erik Larsen, Danmarks Miljøundersøgelser
Per Bovbjerg Pedersen, Danmarks Fiskeriundersøgelser
Richard Skøtt Rasmussen, Danmarks Fiskeriundersøgelser
Anne Johanne Tang Dalsgaard, Danmarks Fiskeriundersøgelser

November 2006

Danmarks Fiskeriundersøgelser
Afd. for Havøkologi og Akvakultur
Kavalergaarden 6
2920 Charlottenlund

ISBN: 87-7481-030-8

DFU-rapport nr. 168-06

0 Sammenfatning

De samlede miljømæssige fordele ved modeldambrug er mangetallige, som blandt andet oplistet vedrørende især uhindret faunapassage i Dambrugsudvalgets rapport:

Vandløbet	Dambruget
Fordele: "Død å"-strækning fjernes Øget vandføring i dambrugen omløb Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt Naturlige variationer i vandløbets vandføring opretholdes i omløbene Indtrængen af naturlig fauna i dambrugen reduceres Passageproblemer ved dambrugen opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes Fald i vandløbets iltindhold nedstrøms reduceres/undgås Ulemper: Ingen	Fordele: Stabile produktionsforhold Påvirkninger fra variationer i indløbsvandets kvalitet reduceres eller elimineres Øget effekt af renseforanstaltninger Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet Reduceret smittepres Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning Bedre arbejdsmiljø Ulemper: Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk Øget udledning af CO ₂ Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.

I denne statusrapport for Tvilho Dambrugs første driftsår som modeldambrug, beskrives de opnåede resultater fra monitoringsprojektets måle- og dokumentationsprogram, der har til formål at fremskaffe dokumentation for dambrugenens rensning og udledning af næringsstoffer og organisk stof. Konklusionerne er foreløbige og endelige konklusioner kan først drages når begge måleårs resultater er behandlet.

Sammenligninger af resultater for de 8 modeldambrug sker i en særlig rapport som udarbejdes primo 2007.

Produktionsforhold

Tvilho Dambrug har i perioden 25. april 2005 til 24. april 2006 anvendt 86,4 tons foder med en beregnet produktion på 103,5 tons fisk (inkl. døde). Dette giver en samlet foderkvotient (alene baseret på tal i produktionsanlæggene) på 0,835.

Der har været almindelige indkøringsvanskeligheder, tillæring til ny produktionsform, ny teknologi og nye problemstillinger som vanskeliggør driften. Tvilho Dambrug har alligevel nået en del gode resultater i første måleår, men der er adskillige muligheder for forbedringer.

Vandforbrug

Tvilho Dambrug indtager nu vand alene fra to borer placeret i den østlige ende af dambruget. Opstemning og spærringer i vandløbet er således ikke længere nødvendige. Hertil kommer, at vandforbruget i forbindelse med betydelig recirkulering (recirkuleringsgrad 98-99 %) er nedsat til nu 17,6 l/s ifh. til tidligere, hvor man havde ret til fuld indvinding af åvand.

Rensegrader

Ved forarbejdet til bekendtgørelse om modeldambrug m.v. blev der forudsat nogle rensegrader for organisk stof og næringsstoffer på modeldambrug. En sammenstilling af de i bekendtgørelsen for modeldambrug forudsatte og de opnåede netto rensegrader i 1. måleår på Tvilho Dambrug ser således ud:

	Forudsatte	Opnået
Organisk stof (BI ₅)	75 %	85 %
Total kvælstof (inkl. omsætning i laguner)	32 %	24 %
Total Fosfor	60 %	64 %

De ovennævnte rensegrader indeholder evt. nedsivning fra/indsivning til f.eks. plantelagunen, der kan øge eller reducere den reelle rensegrad for især opløst kvælstof og opløst fosfor, såfremt dette ikke medregnes. Ved Tvilho Dambrug har der dog kun været tale om en ganske beskedne nettotilsivning af grundvand til plantelagunen på nogle få procent især i vinterhalvåret. Som det fremgår af tabellen er der ikke opnået så høj rensning af total kvælstof som forventet, mens rensegraderne for organisk stof er højere end det forudsatte og for fosfor lidt højere en forudsat.

Produktionsanlægget med dets slamkegler og biofiltre fjerner især ammonium, fosfor og organisk stof. Tilsvarende gælder plantelagunerne, og selvom der her endvidere sker en vis fjernelse af total-N, som endda er højere end målt under et tidligere forsøgsprojekt på Døstrup Dambrug, så er total-N fjernelsen generelt relativt lav på Tvilho Dambrug.

Specifik udledning

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI₅, 1.119 t total-N og 90 t total-P ved en produktion på 29.434 t ørreder, svarende til gennemsnitlige specifikke udledninger som angivet i nedenstående tabel:

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)		Tvilho i % af gennemsnit DK
	Gennemsnit	Tvilho Dambrug	
	Danmark	- 1. måleår	
Organisk stof (BI ₅)	105,3	6,9	7
Total-N	38,0	20,7	54
Total-P	3,1	1,31	42

Som det fremgår, er der en markant reduceret specifik udledning af organisk stof i sammenligning med andre dambrug. Ligeledes ses ca. en halvering pr. kg. produceret fisk i udledning af total-N og total-P.

Overholdelse af udlederkrav jvf. dambrugets miljøgodkendelse

I miljøgodkendelsen har Ribe Amt opstillet en række kontrolparametre med tilhørende kravværdi.

Kontrol-parameter	Kravværdi i Miljøgodkendelse (mg l ⁻¹)	Udledning efter Bekendt. om modeldambrug (mg l ⁻¹)	Teoretiske kravværdier jf. Dambrugsbekendtgørelsen (mg l ⁻¹)
Susp. stof	10	8,3	27
NH₄⁺-N	1,0	1,2	3,0
total-N	6,0	5,7	6,0
total-P	0,5	0,54	0,5
BI₅	7	3,5	7,0

Ved sammenligning af kolonne to og fire (hvor tallene i sidstnævnte er baserede på fuld kompensation for det reducerede vandforbrug på Tvilho Dambrug efter ombygning) ses det, at krav til udledning af total-N, total-P og BI₅ er kompenseret fuldt ud for reduceret vandforbrug, mens kravet til udledning af suspenderet stof og ammonium (NH₄⁺-N) er skærpet. I tredje kolonne er opgivet Tvilho Dambrugs udledning beregnet efter modeldambrugsbekendtgørelsen, og det ses, at kravene for alle parametre overholdes, på nær ammonium som overskrides marginalt. Kravet til udledning af total-P er overholdt hvis der afrundes til nærmeste decimal. Såfremt der kompenseres fuldt for reduktionen i vandforbrug (fjerde kolonne) overholdes alle udledninger, når der afrundes på udledningen af total-P. I forhold til miljøgodkendelsens krav om tilstandskontrol på koncentrationen i afledningen fra dambruget overholder disse for suspenderet stof og BI₅, mens der er en overskridelse af kontrolkravet på ammonium på godt 50% og for total kvælstof på godt 35 %, mens total fosfor ved afrunding til nærmest decimal netop overholder overholde kravene.

Fauna og faunaindex

Dansk Vandløbs Fauna Index (DVFI) er opgjort således:

	Nørrebæk, op- strøms	Nørrebæk, nedstrøms
Marts 2004	5	5
December 2004	5	6
April 2005	5	5
August 2005	5	7
September 2005	7	5
Februar 2006	5	5
Juni 2006	5	5

Idet målsætningen på både op- og nedstrømsstationen er 5, er der målsætningsopfyldelse ved alle vandløbsbedømmelser.

Diskussion og primære udeståender

Der er tale om resultater fra 1. måleår, og der er behov for resultater fra 2. måleår før der kan drages endelig konklusioner. Nogle rensegrader og udledningstal ser dog lovende ud, men der er især behov for yderligere reduktion i udledningen af kvælstof og fosfor. Dette er især relevant i relation til at man langt fra har udnyttet den fodermængde man har tilladelse til på Tvilho Dambrug i forsøgsperioden (86,4 tons ifh. til 127,2 tons pr. år). Der har været driftsmæssige indkøringsproblemer og en del fiske sygdom i sommeren 2005, hvilket har indvirket på dambrugets drift og stofudledninger.

Resultaterne fra første måleår indikerer, at man skal tilstræbe at fjerne mere kvælstof over dambruget, idet der i bekendtgørelsen for modeldambrug for dambrug under forsøgsordningen er set bort fra kravet om udlederneutralitet ift. kvælstof. Trods relativ høj ammonium-N fjernelse over biofiltrene er der perioder med høje ammoniumkoncentrationer i produktionsvandet. Tallene tyder på, at en del ammonium omdannes til nitrat, men eftersom der tilsyneladende kun sker begrænset denitrificering til frit kvælstof, bidrager dette til en for lille fjernelse af totalkvælstof over hele dambruget.

Klaringsvand, som ledes fra slambassiner til plantelagunen indeholder relativt meget fosfor og letomsætteligt organisk stof (BI₅). Dette er uheldigt eftersom disse stofmængder vil belaste plantelagunen og evt. blive ledt til vandløbet i det omfang de ikke frarenses i plantelagunen. Stoftilbageholdelsen i slambassinerne bør derfor blive bedre.

I første måleår har plantelagunen på Tvilho Dambrug ikke fungeret helt tilfredsstillende, idet der bl.a. ikke har været tilstrækkelig plantedækning til frarensning af forurenende stoffer. Der ses høje udledningstal fra Tvilho dambrug i sommeren 2005, som kan skyldes at mængden af forurenende stoffer fra fiskeproduktionen har været høj pga. stor udfodring, samtidig med at plantelagunen har fremstået med kun lidt vegetation. Ligeledes har lagunens kapacitet i første måleår ikke været udnyttet tilstrækkeligt, idet hverken afløbet fra produktionsanlægget eller klaringsvandet fra slambede har været tilledt helt opstrøms i plantelagunen. Begge disse forhold er dog tilrettede nu, og i kombination med øget erfaring omkring drift af det nye anlæg forventes disse forhold at bidrage til forbedring af tallene i andet måleår.

1 Indledning

Som et af resultaterne fra det af fødevareministeriet nedsatte dambrugsudvalg (Udvalget vedr. dambrugserhvervets udviklingsmuligheder) blev der i dette udvalgs rapport, marts 2002 (*Dambrugsudvalget, 2002*), peget på muligheden af etablering af mere ensartede type-dambrug eller såkaldte modeldambrug.

Det ensartede koncept i modeldambrugene skulle muliggøre, at dokumentation samt viden og erfaring indhentet herpå, kunne finde anvendelse på andre modeldambrug af samme type, således at såvel drift som sagsbehandling, tilladelser m.v. kunne smidiggøres.

I såvel sideløbende som efterfølgende arbejder (eks.: Pedersen P.B. et al. 2003; Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B.; 2004) samt notater og Bekendtgørelser (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002* og *Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug, 2004*) er de nærmere specifikationer og krav til modeldambrug blevet defineret og fastlagt.

Tre typer modeldambrug er beskrevet (type 1, 2 og 3), hvor der for type 2 og 3 er åbnet for en deltagelse under en 2-årig forsøgsordning, i hvilken periode monitoring af den resulterende miljømæssige effekt skulle måles.

Ingen dambrug har ønsket ombygning til type 2 under forsøgsordningen, mens 8 dambrug af type 3 blev udvalgt til deltagelse i denne. Tvilho Dambrug er et af disse.

Det skal understreges, at listen over miljømæssige fordele ved modeldambrugsdrift er lang, som opgjort i Dambrugsudvalgets rapport jvf. nedenstående tabel.

Disse miljømæssige fordele opnås under alle omstændigheder ved etablering af modeldambrug. Formålet med monitoringsprojektet er således alene at udvikle og gennemføre et specificeret måleprogram for modeldambrug, baseret på kravene om målinger i Miljøministeriets "*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*" og "*Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug (2004)*") for derigennem at fremskaffe den fornødne dokumentation for dambrugenens rensning samlet og for de enkelte renseforanstaltninger og for udledning af næringsstoffer og organisk stof herunder for overholdelse af udlederkravene. Ifølge bekendtgørelse skal DMU og DFU opstille et måleprogram, der skal tilvejebringe den omtale dokumentation.

De 8 modeldambrug monitoreres derfor løbende af DMU og DFU over en 2-årig driftsperiode. På nogle dambrug måles der over alle de forskellige dele af dambruget, de såkaldte intensivt monitorerede dambrug, mens der på de andre måles samlet over produktionsanlægget, de såkaldte ekstensivt monitorerede dambrug, som Tvilho Dambrug hører til. Dette arbejde er blevet udført på baggrund af bevilling fra Fødevareministeriets Direktorat for FødevareErhverv via FIUF- midler, og er således støttet med 50

% fra den Danske Stat og 50 % fra EU. Der takkes hermed for den tildelte bevilling.

Vandløbet	Dambruget
<p>Fordele:</p> <p>"Død å"-strækning fjernes</p> <p>Øget vandføring i dambrugen omløb</p> <p>Påvirkning af opstemning opstrøms reduceres, fjernes evt. helt</p> <p>Naturlige variationer i vandløbets vandføring opretholdes i omløbene</p> <p>Indtrængen af naturlig fauna i dambrugene reduceres</p> <p>Passageproblemer ved dambrugen opstemninger og vandindtag, herunder afgitring, indretning af faunapassage (både op- og nedstrøms), opstemning m.v. løses langt nemmere</p> <p>Udledning af medicin og hjælpestoffer reduceres</p> <p>Maksimumskoncentrationer af medicin og hjælpestoffer i vandløbene formindskes</p> <p>Fald i vandløbets iltindhold nedstrøms reduceres/undgås</p> <p>Ulemper:</p> <p>Ingen</p>	<p>Fordele:</p> <p>Stabile produktionsforhold</p> <p>Påvirkninger fra variationer i indløbsvandets kvalitet reduceres eller elimineres</p> <p>Øget effekt af renseforanstaltninger</p> <p>Ved brug af drænvand/grundvand kan opnås højere vandtemperaturer om vinteren og lavere om sommeren</p> <p>Bedre muligheder for styring af management og produktionsmiljøet</p> <p>Reduceret smittepres</p> <p>Reduceret behov for anvendelse af medicin og hjælpestoffer, herunder kalkning</p> <p>Bedre arbejdsmiljø</p> <p>Ulemper:</p> <p>Højere energiforbrug pr. kilo produceret fisk</p> <p>Øget udledning af CO₂</p> <p>Risiko for opbygning af skadelige ammoniakkoncentrationer</p> <p>Øget behov for overvågning og styring af driftsforholdene</p> <p>Øget behov for backup-systemer: strøm, iltforsyning, pumper m.v.</p>

Dokumentations- og monitoringsprojekt følges af en følgegruppe bestående af:

Niels Axel Nielsen, Fmd., direktør DFU

Torben Moth Iversen, vicedirektør DMU

Knud Larsen, Fødevareministeriet

Gitte Larsen, Skov- og Naturstyrelsen

Lars Christensen Clink, Direktoratet for FødevareErhverv

Jens Ole Frier, Ålborg Universitet

Jacob Larsen, Ringkjøbing Amt

Henning Christiansen, Ribe Amt

Lisbeth Jess Plesner, Dansk Akvakultur

Helge A. Thomsen, Danmarks Fiskeriundersøgelser

samt Per Bovbjerg Pedersen, Danmarks Fiskeriundersøgelser og Lars M. Svendsen, Danmarks Miljøundersøgelser.

Det er i følgegruppen blevet besluttet, at publiceringen af det første måleårs resultater på det enkelte dambrug sker af to omgange, h.h.v. i september (tre statusrapporter) og i december 2006 (fem statusrapporter).

Primo 2007 udføres en samlerapport, med en samlet status over 1. års drift på de 8 modeldambrug, heri vil indgå nogle sammenligninger på tværs af dambrugene. Nærværende statusrapport indeholder derimod alene målinger for det pågældende dambrug.

Sluttelig skal der lyde en stor tak til alle andre involverede personer, institutioner m.v. som på hver sin vis har bidraget i det store arbejde. Specifikt takkes dambrugsejer Jens Ludvigsen og desuden Erik Jensen samt teknisk personale ved DMU: Uffe Mensberg, Henrik Stenholt, Ane Kjeldgaard, Zdenek Gavor og Carsten Nielsen og ved DFU: Tommy Nielsen, Peter Faber, Ole Madvig Larsen, Jesper Knudsen, Milan Pavlovic og Erik Poulsen.

2 Beskrivelse af dambruget

2.1 Indretning

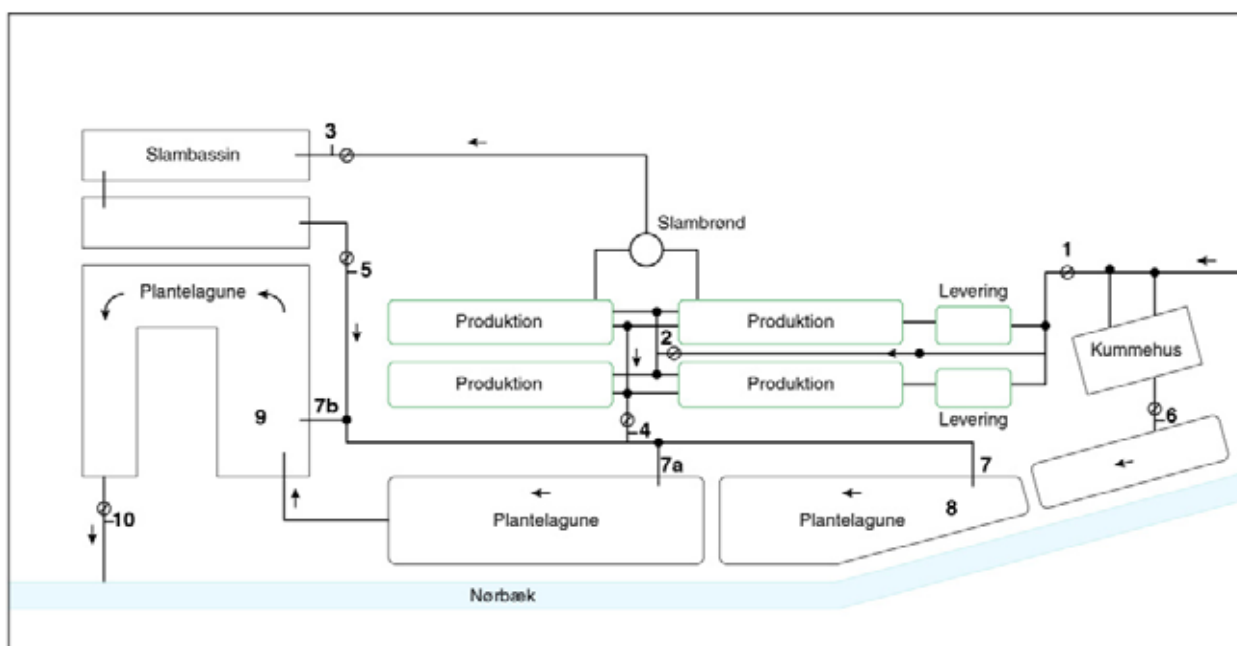
Dambruget er beliggende ved vandløbet Nørbæk i det sydlige Jylland (Tvilhovej 7, 6752 Glejbjerg). Nørbæk er en del af Sneum Å-systemet, der har udløb i Vadehavet og et samlet opland på ca. 513 km² og ved dambruget er medianminimumvandføringen angivet til ca. 150 l/s (*Ribe Amt, 2004*).

Dambruget er indrettet som et modeldambrug type III (*Pedersen et. al., 2003*).

Dambruget består af 4 ens opbyggede produktionsenheder, der hver er underopdelt i 2 sektioner. I hver enhed ledes en del af det recirkulerede vand igennem et biofilter, der er opdelt i 2 sektioner. Andelen af det recirkulerende vand, der ledes gennem biofiltret kan reguleres, således gennemstrømningshastigheden kan tilpasses. Derudover er der levérdamme samt kummehuse til yngel og sættefisk. Figur 1 er en principskitse af dambrugets opbygning med angivelse af vandflow.

Vandet cirkulerer i produktionsenhederne ved at den beluftning som tilfører ilt til vandet også løfter dette nogle centimeter. Beluftningen sker i nogle brønde. Slam opsamles i pyramideformede slamkegler i bunden af produktionsenhederne og pumpes sammen med skyllevand fra biofiltrene op i et slambassin. Dette slambassin er forbundet til et andet slambassin, adskilt af en tærskel. Slamvand løber fra nedstrøms slambassin til plantelagunerne langt nedstrøms i disse. Endvidere ledes afløbsvand fra produktionsenheder inklusivt vand fra kummehusene til plantelagunerne hvorfra det løber i åen. Plantelagunerne består delvist af de oprindelige kanaler og bundfældningsbassiner.

Hver produktionsenhed er 45 meter lang og 8 meter bred, og har en vanddybde på ca. 1,0 meter. Plantelagunen har et areal på 1375 m² og en middeldybde på 1,0 m, hvilket er 0,1 m større end max. dybden foreskrevet i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*. Totalt har dambruget et vandvolumen på 3.045 m³. Med et vandindtag på gennemsnitligt 17,6 l/s i det første måleår har vandets opholdstid i gennemsnit været 48 timer. Opholdstiden for produktionsanlæggene inkl. levérdamme har været ca. 26 timer mod en forudsat minimumsopholdstid på 18,5 timer i produktionsanlægget for modeldambrug type III (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*).



Figur 1 Tvilho Dambrug, opbygning og vandflow. Nr. angiver målesteder som listet i tabel 1.

2.2 Måleprogram og måleperiode

Efter en kort indkøringsfase startede måleprogrammet på Tvilho Dambrug som en del af forsøgsordningen officielt den 25. april 2005. Første måleår er derfor fra 25. april 2005 til 24. april 2006 begge dage inklusive.

I første måleår har der kontinuert (hvert 10. minut) været målt vandmængde, vandhastighed, vandstand, nedbør, temperatur, ilt, pH ved et eller flere målepunkter på dambruget (tabel 1). De instrumenter som måler kontinuert er typisk tilsluttet en datalogger, hvorfra data overføres til en PC som er placeret på dambruget. Data overføres via internettet fra PC'en til DFU og lægges ind i en fælles database som DFU og DMU anvender i projektet. Vandmængder måles i de fleste målepunkter med en elektronisk måler, et såkaldt vandur. I udløbet er der målt med vandur, da det samlede udløb fra dambruget sker via et rør. Vandstand måles i slambassinerne med en infrarød måler. I *Svendsen & Bovbjerg (2004)* findes flere informationer og baggrund og krav til måleprogram og en række tekniske detaljer. Der vil endvidere i den samlede statusrapport for de 8 modeldambrug for første måleår blive gjort rede for måleprincipper og hvilke konkrete instrumenter, der er anvendt.

Nr.	Sted på dambruget	Målevariabel
	2 boringer: vandindtag til kummehus	K, F
1	Vandindtag før levérdamme	F
2	Vandindtag produktionsanlæg	K, F, S
3	Indløb slambassin	K, F, V
4	Udløb produktionsanlæg	K, F,
5	Udløb klaret slamvand	K, F
6	Returskyl yngel og sættefisk	K, F, S
7	Samlet tilløb plantelagune	S
8	Plantelagune, start	
9	Plantelagune, midt	S
10	Udløb plantelagune/dambrug	K, F, S

Tabel 1 Oversigt over målepunkter på Tvilho Dambrug. Tallene til højere refererer til det konkrete målepunkt på figur 1. Der anvendt følgende forkortelser: K = prøvetagning for kemiske analyser. F = vandmængde. H = vandhastighed; V = vandstand og S = ilt, pH og temperatur; N = nedbør.

Vandkemiske prøver er for indtagsvand målt som en punktprøve (øjebliksprøve) ca. 1 gang pr. måned (hver 14. dag i begyndelsen) eller i alt 15 gange i perioden. Vandindtaget består af 2 boringer i forskellige dybder. Der tages prøver af begge da jernindholdet i den ene boring er væsentlig lavere end i den anden. Vandkemiske prøver fra produktionsenhederne (samlet), afløb levérdamme, kummehuse (samlet) og i klaringsvandet fra slambassiner samt afløbet fra plantelagunerne (samlet afløb fra dambruget) udtages hver 14. dag med en ISCO-glacier vandprøvetager. En prøve består af en puljet prøve over et døgn, hvor der i en stor flaske tages 100 ml delprøve hvert kvarter, svarende til 9,6 l prøve på 24 timer pr. målested. Prøverne står koldt (4° C) og mørkt i prøvetageren, der er udstyret med køleanlæg. Ved hvert målested er der målt i alt 27 gange i det første måleår.

Herudover er der hver 14. dag taget vandkemiske prøver i forbindelse med henholdsvis tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre i de fire produktionsenheder, idet der ikke skelnes mellem hvilken af de fire produktionsenheder, der er tale om. Her tages også puljede prøver men delprøver er i 1 liter flasker, hvorfra der puljes. Afhængigt af hvor lang tid det tager at tømme slamkegler og returskylle biofiltre tages en række hyppige delprøver for repræsentativt at dække hele tidsperioden. Disse prøver tages med en ISCO 6712-1 vandprøvetager, hvori prøverne også står koldt (4° C) og mørkt, da denne prøvetager også er udstyret med køleanlæg.

De vandkemiske prøver er analyseret for en række kemiske variable fastlagt i *Bekendtgørelsen om modeldambrug (2002)*. Det fremgår af tabel 2, hvilke variable der analyseres for afhængigt af om der er tale om vandprøve taget i indtagsvandet (grundvand), slamvand (ved tømning af slamkegler, returskylning af biofiltre), afløb slambassin eller i produktionsanlæg og afløb fra dambruget. Analyserne er gennemført af akkrediteret laboratorium efter de standardanalysemetoder, der er foreskrevet ift. dambrug, herunder modificeret BI₅.

Parametre	Program A	Program B	Program C
	Fuld pakke: Udløb fra dambrug, op- og nedstrøms biofilter, afløb sættefiskanlæg og leveredamme	Grundvand (indtagsvand)	Returskylning biofiltre, tømning slamkegler, afløb slambassiner
Suspenderet stof (SS)	x	(x)	x
Modificeret BI ₅	x	(x)	x
COD	x	(x)	x
Total fosfor (P)	x	[x]	x
Orthofosfat-P	x	x	x
Total kvælstof (N)	x	[x]	x
Nitrat-nitrit-N	x	x	x
Ammonium-N	x	(x)	x

Tabel 2 De vandkemiske parametre analyseret for i 1. måleår på Tvilho Dambrug. x i parentes angiver at disse parametre, efter at være målt nogle gange, kun måles 2-3 gange om året, hvis det viser sig at værdien konsekvent er under detektionsgrænsen. x i kantet parentes angiver at total kvælstof henholdsvis total fosfor ikke måles hver gang, hvis der ikke er signifikant forskel på totalen ift. de opløste fraktioner af kvælstof henholdsvis fosfor. BI₅ er et målt for let omsætteligt organisk stof (biologisk iltforbrug over 5 dage). COD er et mere omfattende mål for organisk stof, nemlig et mål for det kemiske iltbehov til at omsætte det organiske stof. Ammoniumkoncentrationen [NH₄-N] omfatter også en lille mængde ammoniak (NH₃-N) som omdannes til ammonium under stofanalysen.

Ved de målepunkter, hvor der udtages vandkemiske prøver måles hver 14. dag ilt, temperatur og pH med håndholdte præcisionsinstrumenter, som også anvendes ved kalibrering af de kontinuerlige måleinstrumenter for ilt, temperatur og pH.

2.3 Væsentlige vilkår

I henhold til dambrugets miljøgodkendelse af 22. juni 2004 må der i forsøgsperioden anvendes 127,2 tons foder pr. år. Foderkvotienten må ikke overstige 0,9 kg foder pr. produceret kg for konsumfisk samt 0,85 for sættefisk og 0,7 for yngel. Der må maksimalt udfodres 500 kg foder pr. døgn.

Miljøgodkendelsen angiver det maksimalt tilladte vandforbrug til 17 l. pr sek. Vandet skal primært indvindes fra borer, og må kun i nødstilfælde indvindes fra det tilstødende vandløb Nørrebæk.

Udlederkravene, der i forsøgsperioden er fastlagt som en koncentrationsforøgelse ift. til koncentrationen i dambrugets indløb, er:

- Suspenderet stof: 10,0 mg/l
- BI₅: 7,0 mg/l
- Total fosfor: 0,5 mg/l
- Ammonium-N (NH₄-N): 1,0 mg/l
- Total kvælstof: 6,0 mg/l

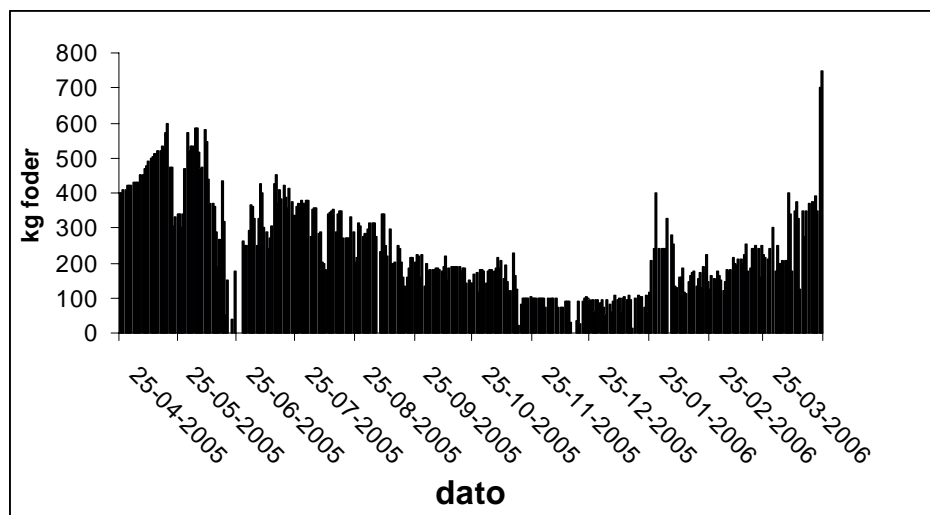
Det fremgår ikke klart af miljøgodkendelsen hvor mange m² plantelagune fodertildelingen forudsætter, men det beskrives at der etableres ca. 1.800 m² plantelagune.

3 Drift og produktion

3.1 Foderforbrug, produktion og foderkvotient

På Tvilho Dambrug har foderforbruget i perioden 25. april 2005 til 24. april 2006 været 86,4 tons. Det har ikke været muligt at beregne foderforbruget helt præcist, idet der mangler tal for foderforbruget i perioden 25. april til 16. maj 2005. Foderforbruget i denne periode er derfor estimeret. Idet der heller ikke foreligger præcise tal for fiskebestande, samt ind- og udvejninger i nævnte periode, har det ikke været muligt at beregne en samlet foderkvotient ud fra disse tal. I stedet er fiskeproduktionen i 1. måleår estimeret ud fra foderforbruget og en vægtet foderkvotient (se senere). Således fremkommer en årsproduktion (inkl. døde fisk) i produktionsanlægget på Tvilho Dambrug på 103,5 tons fisk og en foderkvotient beregnet som foderforbrug (ton) ift. fiskeproduktion inklusiv døde fisk (ton) på 0,835. Denne værdi er baseret alene på tal i dambrugs produktionsanlæg, og vil derfor ofte være noget lavere end den foderkvotient der udregnes på baggrund af den endelige leverance af fisk fra dambruget. Heri indgår nemlig typisk en kort periode hvor fiskene opholder sig i levérdamme uden fodring. Endvidere leveres typisk en mindre procentdel ekstra fisk som kompensation for senere tab under transport og i aftagerleddet.

Det daglige foderforbrug er opgjort i figur 2. I juni 2005 døde næsten hele den stående bestand(ca. 6 tons) i forbindelse med et udbrud af fiske-dræber og en efterfølgende saltbehandling.



Figur 2 .Foderforbrug i produktionsanlægget på Tvilho Dambrug i 1. måleår.

I tabel 2 er angivet hvilke fodertyper og -mængder, der har været anvendt i Tvilho Dambrugs produktionsanlæg i det første måleår.

Fodertype	Forbrug (kg)
Biomar Ecolife 19 (3 og 4,5 mm)	60838
Biomar Ecostart (2 mm)	5279
Biomar Ecostart 17 (1,5 mm)	2012
Biomar Ecostart 2 (2 mm)	132
Biofocus optimal start (1,5 og 2 mm)	8171
Ukendt – estimeret mængde	10004

Tabel 3 Anvendte fodertyper på Tvilho Dambrug det første måleår.

3.2 Produktionsbidrag

Udregningen af bidrag af de forskellige stoffer fra fiskeproduktionen i dambrugets produktions- anlæg er foretaget som beskrevet i *Pedersen et al (2003)*. Der er udregnet produktionsbidrag for COD (total organisk stof), modificeret BI₅ (letomsætteligt organisk stof), total-N (total kvælstof) og total-P (total fosfor). Endvidere er bidraget af opløst kvælstof som udskilles over fiskenes gæller (hovedsageligt som NH₄⁺-N) blevet udregnet. Bidraget svarer til restleddet af kvælstof efter fradrag af den mængde kvælstof der indbygges i fisken henholdsvis udskilles som fækalier i forhold til den totalt indtagede mængde kvælstof.

Udregningen af produktionsbidrag er sket på dagsbasis i hver af dambrugets otte sektioner i produktionsanlægget, og bidragene er herefter summerede. Udover fodermængder er foderets kemiske sammensætning inddraget i udregningerne. Kemisk analyse er foretaget på langt de fleste foderleveringer (batches), men hvor disse værdier ikke foreligger, er der anvendt gennemsnitstal for de allerede analyserede fodertyper. I tilfælde, hvor der ikke er foretaget kemisk analyse på fodertypen, f.eks. på grund af små leveringer, er der anvendt deklarerede værdier fra foderproducenten.

I yngelanlæg, som kun indgår sekundært i måleprogrammet, er produktionsbidraget beregnet efter et estimeret gennemsnit af foderkemien og et samlet estimat af foderforbruget over hele måleåret. I levérdamme er der beregnet et produktionsbidrag af kvælstof på baggrund af generelle tal for stofomsætning hos fodertomme regnbueørreder. Der vurderes kun at være et marginalt bidrag af organisk stof (COD og BI₅) fra levérdammene, idet der ikke fodres, hvorfor det primært forventes udskilt som kuldioxid (CO₂). Tilsvarende forventes kun et marginalt bidrag af fosfor fra levérdammene, hvorfor bidraget af COD og BI₅ og total fosfor fra levérdamme er sat til 0.

På fire forskellige foderleverancer til Tvilho Dambrug, er der lavet fordøjelighedsforsøg, dvs. det er i kontrollerede forsøg undersøgt hvor stor en del af det indtagede foder og specifikke fedt-, protein- og kulhydratindhold i foderet, der udskilles som fækalier. Disse værdier er indsat i beregningerne af produktionsbidrag for den relevante batch. I de tilfælde hvor foderleverancen ikke er undersøgt mht. fordøjelighed, er der anvendt gennemsnitstal for fodertypen. I enkelte tilfælde, f.eks. i forbindelse med leveringer af små foder mængder, er der anvendt estimerede værdier for fordøjelighed af foderet. Fordøjeligheden af træstof er i alle tilfælde sat til 0.

Foderkvotienten er så vidt muligt beregnet for den enkelte sektion. Dette er kun muligt, når sektionen tømmes fuldstændigt ved udfiskning. Værdien er indsat i udregningen af den konkrete sektions produktionsbidrag. De beregnede foderkvotienter er blevet vægtede i forhold til det antal dage den enkelte foderkvotient er målt over, og de vægtede værdier er sammensat til et gennemsnit som er anvendt i de sektioner og perioder, hvor det ikke har været muligt at beregne foderkvotienten.

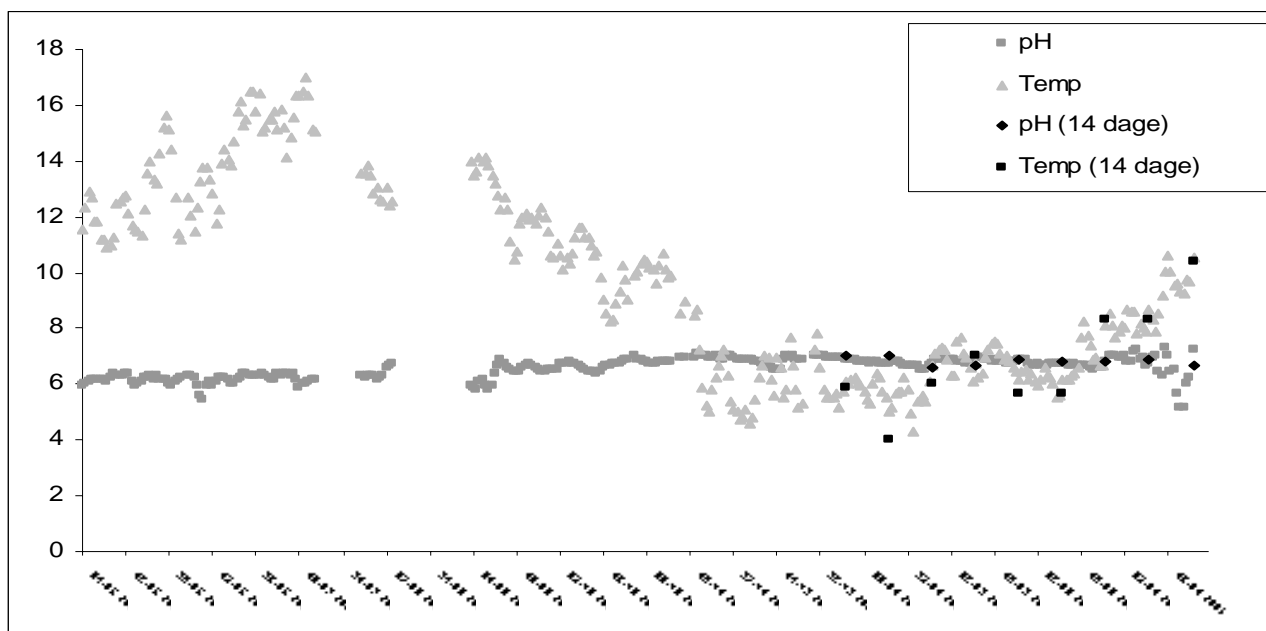
Der er foretaget målinger af foderspild på Tvilho Dambrug i foråret 2006. Disse målinger viste et så godt som ikke-eksisterende foderspild. Idet der dog af forskellige årsager må påregnes et mindre foderspild i perioder, er der i alle tilfælde indsat en værdi på 1 % for foderspild på Tvilho Dambrug.

4 Temperatur, pH og ilt

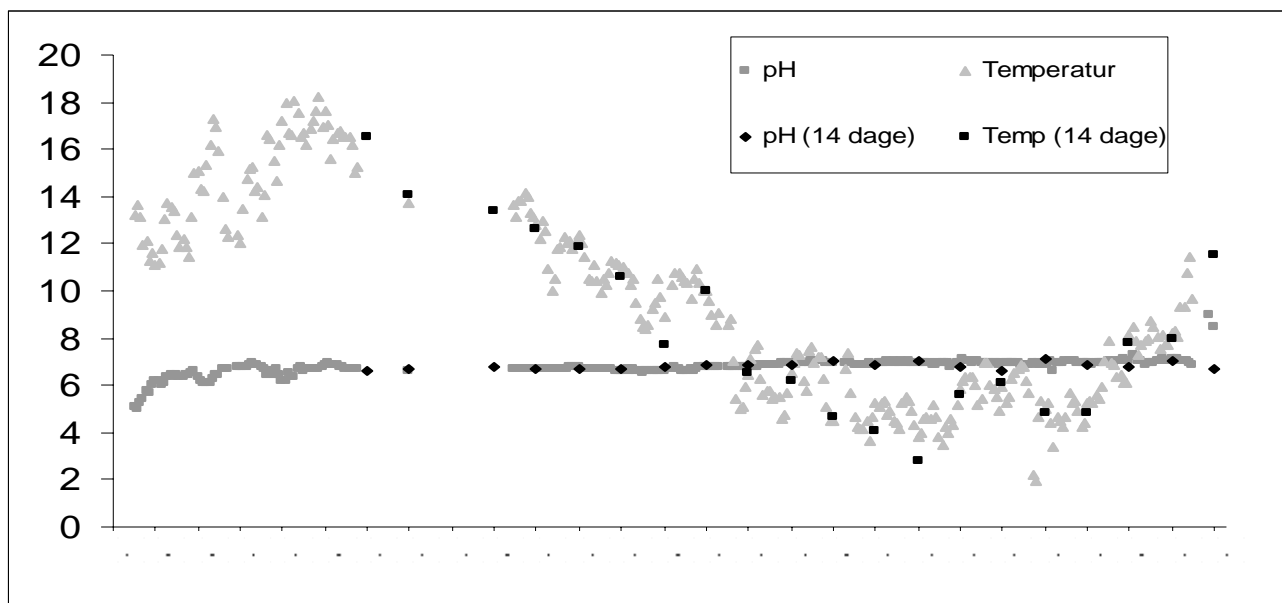
Der er hvert tiende minut foretaget elektroniske registreringer af temperatur, pH og ilt i produktionsanlægget, i plantelagunen og i laguneudløbet. Hertil kommer at der i forbindelse med udtagning af vandprøver hver 14. dag måles temperatur, pH og ilt på dambruget. Dataene indsamles blandt andet med baggrund i lovmæssige krav og for bedre at kunne forklare de processer der foregår på dambruget, som f.eks. omsætning af organisk stof.

Nogle af de kontinuerte registreringer af ilt, temperatur og pH har desværre vist sig ikke at fungere tilfredsstillende. Især logning af ilt har været problematisk, dels fordi iltsonderne ikke er blevet rensset tilstrækkelig ofte, og dels fordi de er relativ følsomme overfor elektronisk støj fra andre kilder. På den baggrund er de kontinuerte iltmålinger ikke medtaget i figur 3 og 4 nedenfor.

I figur 3 er vist daglige gennemsnitsværdier for temperatur (°C) og pH i dambrugets produktionsanlæg nedstrøms biofilteret. Der er endvidere angivet 14-dages målinger for temperatur og pH. Tilsvarende værdier for dambrugets udløb er vist i figur 4. Baseret på 14-dages målingerne har iltniveauet nedstrøms biofiltret i produktionsanlægget været mellem 2 og 12 mg/l og også mellem 2 og 12 mg/l i udløbet fra plantelagunerne med de højeste værdier i vinterhalvåret .



Figur 3 Gennemsnit af temperatur og pH nedstrøms biofilteret i produktionsanlægget på Tvilho Dambrug. 14-dages målinger er først påbegyndt i 2006.



Figur 4 Temperatur og pH inden beluftning i laguneudløb fra Tvilho Dambrug.

5 Vandflow i dambruget

5.1 Måling af vandflow

Vandflowet bliver registreret kontinuert (hvert 10 minut) 8 steder i dambruget jf. tabel 1. Registreringen sker på alle målestederne ved hjælp af elektromagnetiske flowmålere (vandure), der måler meget nøjagtigt med en usikkerhed på mindre end 1 %. En del af flowmålerne har haft kortere perioder, hvor data er gået tabt, enten på grund af kabelbrud, fejl i datakommunikationen eller i selve måleren. I de pågældende perioder er dataserierne rekonstrueret ved hjælp af interpolation og korrelation til de øvrige målere. Problemerne har medført en mindre forøgelse af usikkerheden, og en foreløbig vurdering er, at usikkerheden på flowdata er mellem 0 og 5 %.

Målested	Navn på målested	Gennemsnitsflow l/s
	Samlet vandindtag	17,6
1	Vandindtag før leveringsdam	15,6
6	Returskyl sættefisk	1,9
2	Vandindtag til produktionsanlæg	13,4
4	Udløb produktionsanlæg	13,8
3	Indløb slambassin	0,4
5	Udløb klaret slam vand	0,6
7	Samlet tilløb til plantelagune (4+5+6)	16,3
10	Udløb plantelagune/dambrug	18,4

Tabel 4 Vandflow, gennemsnit ved målesteder på Tvilho Dambrug for 1. måleår i l/s.

Det samlede vandindtag har i gennemsnit for det første måleår været 17,6 l/s, hvilket er en smule over den tilladte mængde på 17 l/sek. Indtaget sker fra 2 borer, der er placeret i den østlige ende af dambruget.

Udløbet fra produktionsenhederne er lidt mindre end indløbet. Det skyldes, at der bliver ført vand væk herfra i forbindelse med skylning af filtre og tømning af slamkegler, og at der bliver brugt vand ved udfiskning og sortering. Derudover vil eventuelle mindre utætheder i anlæggenes bund og sider kunne medføre forskel mellem ind- og udløb til produktionenhederne. Bunden af beluftningsbrøndene er ikke støbt, og her vil der kunne ske ud eller indsigning. Dette formodes, at være årsag til, at summen af 4, udløb fra produktionsanlæg og 3, indløb slambassin (skyllevand), ikke helt svarer til 1, vandindtaget. Der er ikke målt internt flow i produktionsenhederne da Tvilho Dambrug har et ekstensivt måleprogram

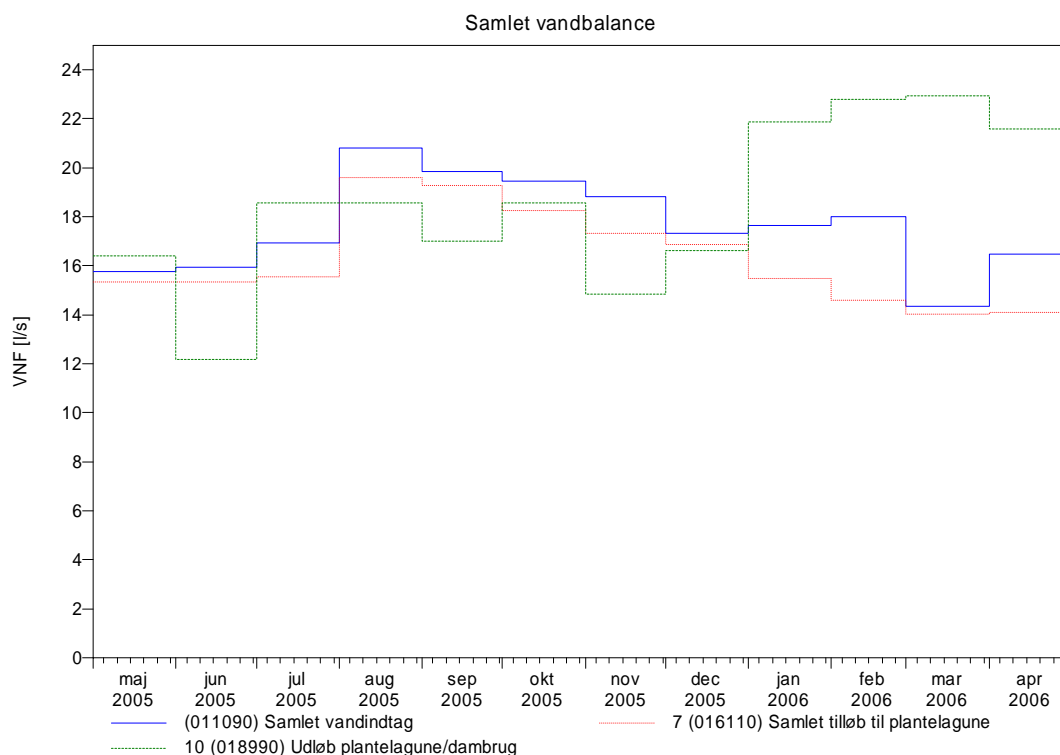
5.2 Returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler

For at fjerne partikler bliver slamfælderne (kegler) i bunden af produktionsanlæggene tømt regelmæssigt, og tilsvarende bliver biofiltret (retur)skyllet ved at lade vandstrømmen være modsat den normale strømretning. Alt slam bliver pumpet til slambassinerne. Slamkeglerne bliver tømt dagligt over et tidsrum på 15–30 minutter på nær søndage. Returskylning af biofiltrene bliver foretaget i ca. 30-40 minutter om dagen på nær søndage. Afvigelser fra de faste procedurer kan ske i forbindelse med f.eks. flytning af fisk, sygdomsbehandling mv.

Under tømning og skylning pumpes ca. 16 l/s til slambassinerne. Den samlede vandmængde, der bliver anvendt til tømning og skylning er som middel for hele måleåret opgjort til 0,4 l/s, hvilket svarer til knap 2,5 % af det samlede vandindtag til dambruget.

5.3 Vandbalance

Med et samlet vandindtag på 17,6 l/s og et samlet tilløb til plantelagunen på 16,3 l/s sker der altså et mindre tab i produktionsanlæggene, da forskellen er større end den alene kan tilskrives måleusikkerhed. Den primære årsag er formodentlig utæthed som beskrevet ovenfor. Nedbør og fordampning i produktionsanlæggene har kun en meget ringe betydning for vandbalancen, da det på årsbasis kun vil tilføre hvad der som middel svarer til mindre end 0,1 l/s.



Figur 5 Samlet vandbalance over dambruget, månedsmiddel i l/s.

Udløbet fra plantelagunen, og dermed dambrugets samlede afledning til vandløbet, var som middel for måleåret på 18,4 l/s (tabel 4). Det samlede tilløb til plantelagunen var som middel på 16,3 l/s, og der kan således

konstateres et ekstra tilløb til lagunen på ca. 2,1 l/sek. svarende til ca. 13 % ift. målte tilløb til plantelagunerne, men kun 5 % ift. samlede vandindtag. Forskellen varierer betydeligt over året, jf. figur 5. I sommerperioden er afløbet fra lagunen generelt lidt mindre end tilløbet, hvorimod der i vinterperioden er væsentligt mere i afløbet.

Der kan findes 3 mulige forklaringer på uoverensstemmelse på vandbalancen for plantelagunen, da måleusikkerheden maksimalt vil kunne forklare en forskel på 1 l/s:

1. Der sker en op- eller nedsivning i bunden af plantelagunen til grundvandet eller indsivning via en gammel bagkanal nord for dambruget
2. Der sker en nedsivning til borerne til dambrugets indvinding
3. Der er utætheder i afgrænsningen mellem plantelagunen og vandløbet

Ad 1. Hvis grundvandstanden afviger fra vandstanden i plantelagunen, vil der kunne ske en ud- eller indsivning. Afhængig af grundvandets strømningsretning, vil det udvekslede vand muligvis kunne strømme til eller fra vandløbet. Der har i perioder med meget nedbør været konstateret indsivning i en gammel bagkanal nord for dambruget, og en del af det indsivende vand løber i plantelagunerne

Ad 2. Nedsivning hvis grundvandstanden er lavere som under pkt. 1, og indvindingen af vand til dambruget fra overfladenære borer i nærheden af plantelagunen, så nedsivende vand kan strømme hertil og dermed blive genanvendt i produktionen. Men borerne ved Tvilho Dambrug ligger ikke i umiddelbar nærhed af plantelagunerne, så det vurderes ikke at dette forhold har særlig betydning for vandbalancen.

Ad 3. Utætheder og ud- eller indsivning vil kunne opstå, hvis der er en snæver afgrænsning med smalle dæmninger mellem plantelagunerne og vandløb. På Tvilho Dambrug ligger plantelagunen ikke på nogen steder med meget snævre dæmninger op til vandløbet, så det vurderes heller ikke at dette forhold har særlig betydning for vandbalancen.

Som for produktionsanlægget har nedbør og fordampning kun ubetydelig indflydelse på vandbalancen i plantelagunen set over hele året. Kun på enkelte dage kan det medføre at vandbalancen viser at der f.eks. afstrømmer mere vand end der løber til plantelagunen i forbindelse med kraftigt regnvejr.

Det må derfor konkluderes, at det primært er udveksling med grundvandet, der er årsag til uoverensstemmelserne i vandbalancen, og som ved Tvilho Dambrug medfører en mindre netto tilstrømning af overfladenært grundvand til plantelagunen, som især sker i vinterhalvåret.

5.4 Recirkulationsflow

Recirkulationen bliver drevet af iltpumperne i anlægget, så variationer i flowmængden vil også være en funktion af behovet for iltning. Recirku-

lationsflowet på Tvilho Dambrug bliver ikke målt, men det vurderes, at strømhastigheden i anlæggene er knap 0,1 m/sek. og at flowet derfor kan estimeres til 2-300 l/sek. i hvert anlæg.

Med et gennemsnitligt vandindtag på 13,4 l/s (Q_i) (tabel 4) til produktionsanlægget og en skønnet recirkulering i de 4 produktionsenheder på tilsammen på 800-1200 l/s, (Q_r) betyder det, at recirkulationsgraden kan opgøres til 98,3-98,9 %, beregnet som $(Q_r - Q_i)/Q_r$. For modeldambrug type III forudsættes en minimum recirkulationsgrad på 95 %.

5.5 Vandforbrug/fodermængde

Ved at sammenholde det samlede vandindtag med det samlede foderforbrug er det opgjort at der på Tvilho Dambrug er brugt 6.424 liter vand pr. kg foder eller 5.362 liter vand pr. kg produceret fisk. Dette er en faktor 8-10 lavere end i et traditionelt gennemstrømningsdambrug.

5.6 Hydrauliske belastning af laguner

Baseret på det beregnede areal af plantelagunerne (se kapitel 11) har den gennemsnitlige hydrauliske belastning af plantelagunen været 0,012 l pr. m² plantelagune og dermed knap halvdelen af den forudsatte max. belastningen på 1 l pr 48 m² plantelagune i modeldambrugsbekendtgørelsen (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*).

6 Stofkoncentrationer forskellige steder på dambruget

I tabel 5 er beregnet gennemsnitskoncentration for de analyserede, udtagne vandprøver i måleår 1 ved forskellige målestationer på Tvilho Dambrug. Endvidere er angivet spredningen på koncentrationerne over 1. måleår. Hermed gives et billede af hvordan der i sættefiskeanlægget, samlet i de fire produktionsenheder inklusiv levérdamme tilføres stof ved fiskeproduktionen og hvordan der fjernes stof via bl.a. slamkegler og biofiltre samt i plantelagunerne.

Det bemærkes, at koncentrationerne fra især tømning af slamkegler er meget høje for alle kemiske variable. Koncentrationerne i returskyllevandet fra biofiltrene er noget højere for total kvælstof, fosforfraktionerne, organisk stof samt suspenderet stof end i afløbet fra produktionsenhederne. Det bemærkes, at koncentrationen for ammonium, total kvælstof, fosforfraktionerne, organisk stof (BI_5 og COD) samt suspenderet stof i klaringsvandet fra slambassinerne (afløb fra slambassinerne til plantelagunerne) er væsentlig højere end i afløbet fra produktionsenhederne, men væsentlig lavere for nitrat-kvælstof. Koncentrationerne i returskyllevand fra yngelanlægget er ligeledes højere end fra afløb fra de fire produktionsenheder, men noget lavere en returskyllevand fra biofiltrene i de fire produktionsenheder.

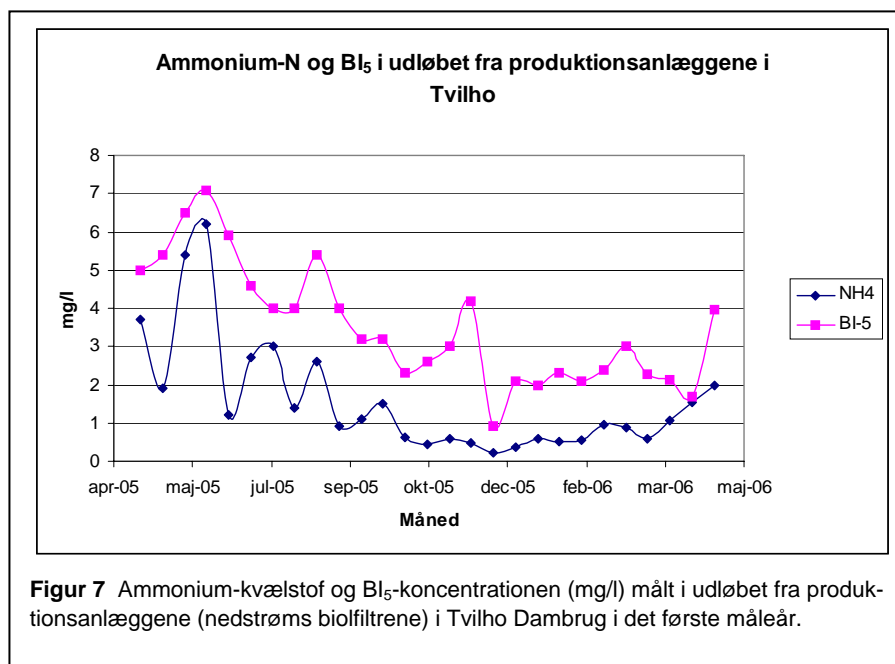
Der er generelt stor spredning hvor der er høje gennemsnitskoncentrationer, hvilket især gælder slamvand fra slamkegler og returskylning af biofiltre og for klaringsvandet fra slambassinerne. Spredning på koncentrationerne for indtagsvandet er lave, som det må forventes (tabel 5).

Målested	$\text{NH}_4\text{-N}$		$\text{NO}_{23}\text{-N}$		Total-N		Ortho-P		Total-P		BI_5		COD		Susp. stof	
	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std	Gen	Std
Boring 1 (jernrig)	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	0,1	0,01	0,01	0,06	0,01	0,9	0,3	3,3	2,5	1,0	0,6
Boring 2	0,0	0,0	4,6	0,3	5,2	1,0	0,01	0,00	0,01	0,00	0,8	0,3	4,5	2,5	0,8	0,6
Returskyl yngelanlæg	0,7	0,8	2,0	0,4	3,6	2,4	0,14	0,15	0,34	0,15	5,9	5,8	18,1	17,7	8,3	6,8
Vand ind alle anlæg	0,6	0,2	1,9	0,4	2,9	0,7	0,06	0,07	0,15	0,07	2,3	1,5	6,6	5,3	4,3	6,3
Returskyl alle biofiltre	1,9	1,8	7,3	2,2	38,1	17,5	0,74	0,45	17,3	0,45	154	73	690	299	839	519
Alle slamkegler	19,7	6,0	2,0	2,7	139	72,4	26,7	19,7	173	19,7	3621	1852	8635	3980	5407	2396
Afløb prod.anlæg	1,6	1,5	7,8	1,9	10,1	3,2	0,32	0,11	0,4	0,11	3,5	1,6	13,3	6,6	3,3	2,1
Afløb slambassiner	26,5	21,4	1,0	1,5	37,0	22,6	7,08	4,75	17,9	4,75	122	124	309	233	154	128
Udløb dambrug	1,3	1,0	5,4	1,2	7,5	2,1	0,27	0,17	0,46	0,17	4,1	2,9	14,6	9,5	7,6	10,3

Tabel 5 Gennemsnitskoncentrationen for kemiske variable forskellige målesteder på Tvilho Dambrug med tilhørende standardafvigelse.

Udviklingen i BI_5 -koncentrationen i udløb fra de fire produktionsenheder (dvs. nedstrøms biofiltrene) viser en generelt faldende tendens gennem det første måleår dog efter et stigende forløb de første to måneder. Der sker en stigning fra 5 til ca. 7 mg BI_5 /l som gradvis med visse udsving falder til et niveau på ca. 2-3 mg BI_5 /l i vintermånederne (figur 7). Koncentrationsforløbet viser nogle variationer ift. til den generelle fal-

dende tendens frem mod et stabilt koncentrationsniveau i vintermånederne.

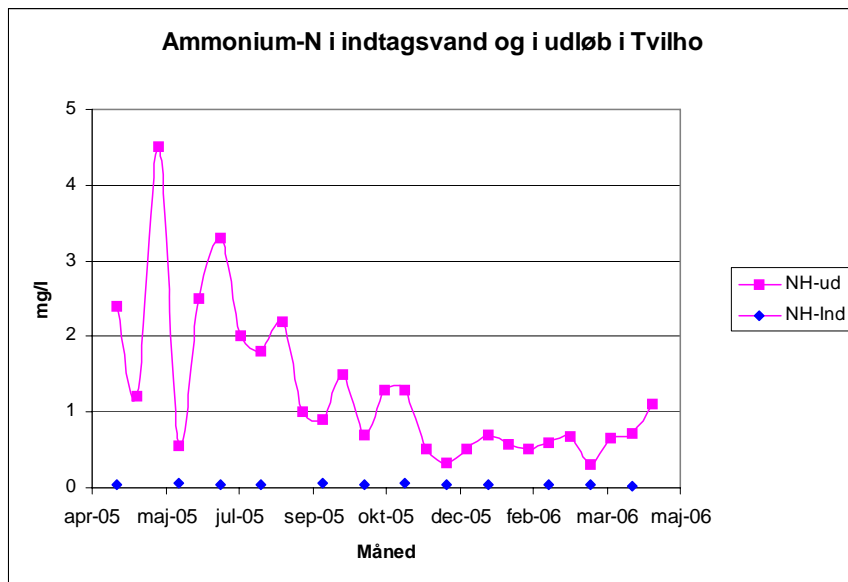


NH_4^+ -koncentrationen i afløbet fra de 4 produktionsanlæg, dvs. nedstrøms biofiltrene har ligeledes en faldende tendens fra starten af måleåret frem mod vinteren 2005/06, men i perioden april 2005 til ind i september 2005 er der en række kraftige stigninger i NH_4^+ -koncentrationen som varierer mellem 1 og 6 mg BI_5 /l (figur 7). Fra oktober 2005 og frem til marts 2006 er NH_4^+ -koncentrationen meget stabil og lav 0,5 - 1 mg NH_4^+ /l, men synes herefter at stige i det tidligere forår 2006. Overordnet falder variationen over tid i gennem måleperioden.

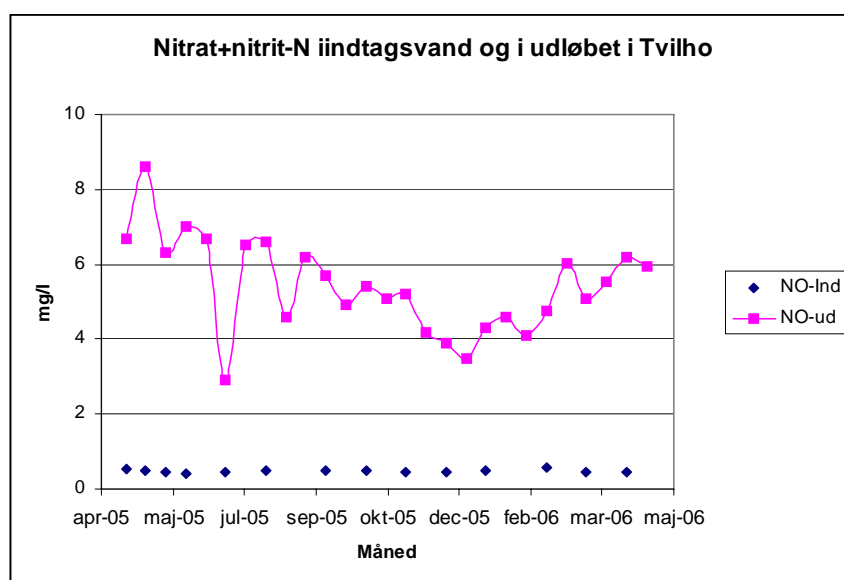
I figur 8 til 15 vises koncentrationsforløbet for de målte kemiske parametre i henholdsvis indtagsvandet og i afløbet fra plantelagunerne (dvs. afløb fra dambruget).

Ammonium-kvælstof koncentrationer svinger meget i afløbet fra Tvilho Dambrug i begyndelsen af første måleår men med en faldende tendens, således at koncentrationen fra september 2005 og frem varierer mellem ca. 0,4 og 1,5 mg $\text{NH}_4\text{-N}$ /l (figur 8).

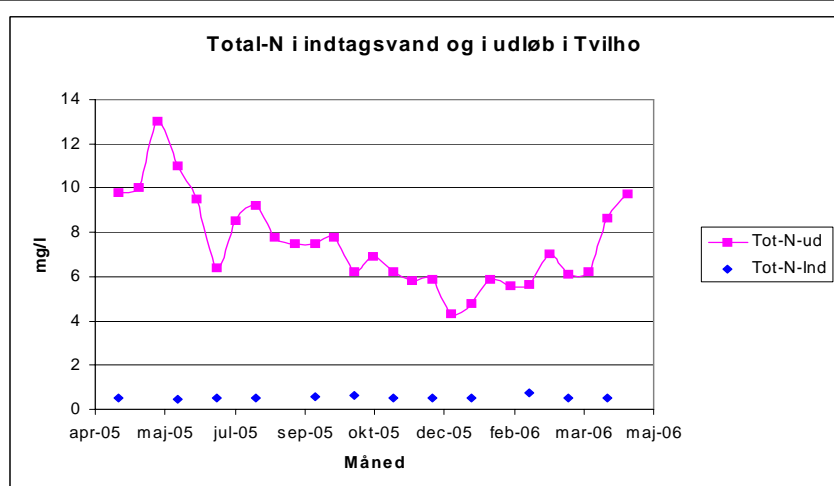
Nitrit-nitrat-kvælstof koncentrationens forløb (hvor langt hovedparten er nitrat) er delvist i modfase med den tilsvarende ammonium-N koncentration i udløbet fra Tvilho Dambrug (figur 9). Efter at variere en del fra målerunde til målerunde de første 2-3 måneder af måleår 1 er der et gradvist fald i perioden september 2005 til januar 2006 fra over 6 mg $\text{NO}_{23}\text{-N}$ til ca. 4 mg $\text{NO}_{23}\text{-N}$ /l, hvorefter der i perioden januar 2006 til april 2006 kommer en gradvist stigning til ca. 5 mg $\text{NO}_{23}\text{-N}$ /l. Koncentrationen af såvel $\text{NH}_4\text{-N}$ og $\text{NO}_{23}\text{-N}$ i indtagsvandet (dræn/grundvand) er lavt og nærmest konstant.



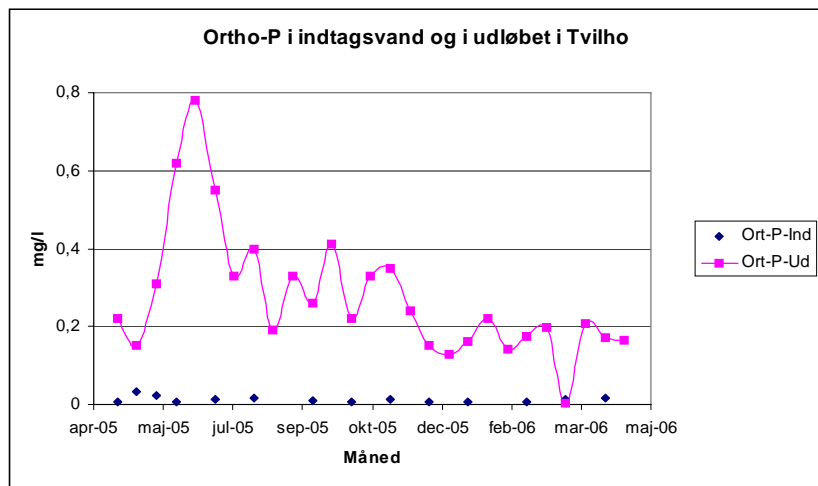
Figur 8 Ammonium-kvælstof koncentrationen (mg/l) målt i indtagvandet til Tvilho Dambrug og i udløbet til Nørrebækken i det første måleår.



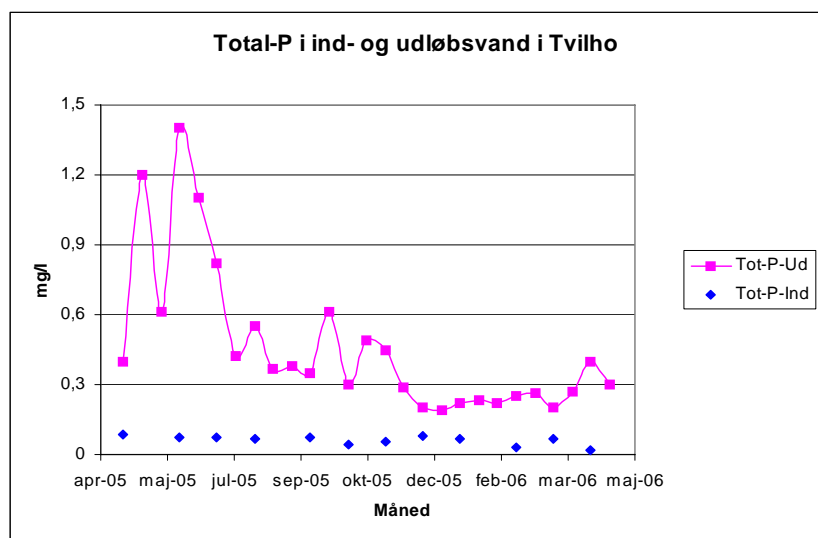
Figur 9 Nitrat+nitrit-kvælstof koncentrationen (mg/l) målt i indtagvandet til Tvilho Dambrug og i udløbet til Nørrebækken i det første måleår.



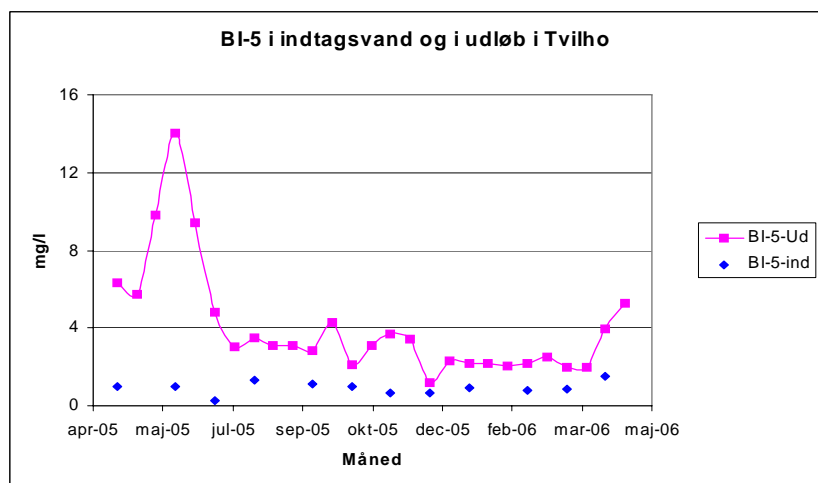
Figur 10 Total-kvælstof koncentrationen (mg/l) målt i indtagvandet til Tvilho Dambrug og i udløbet til Nørrebækken i det første måleår.



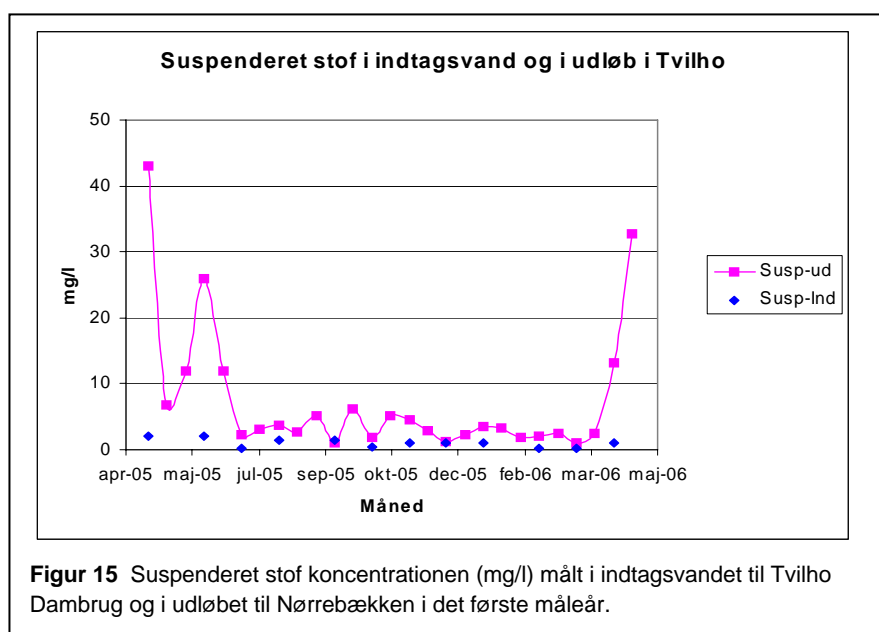
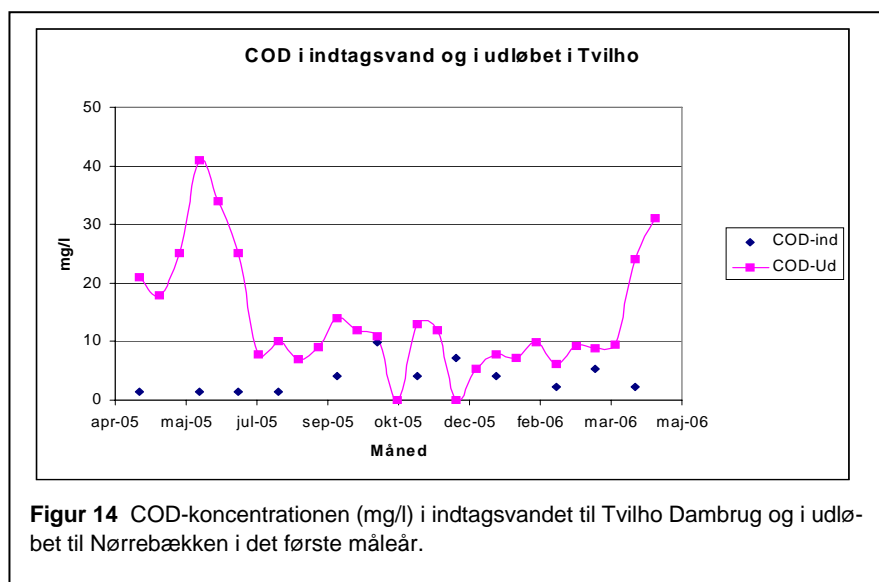
Figur 11 Ortho-fosfor koncentrationen (mg/l) målt i indtagsvandet til Tvilho Dambrug og i udløbet til Nørrebækken i det første måleår.



Figur 12 Total-fosfor koncentrationen (mg/l) målt i indtagsvandet til Tvilho Dambrug og i udløbet til Nørrebækken i det første måleår.



Figur 13 BI₅-koncentrationen (mg/l) i indtagsvandet til Tvilho Dambrug og i udløbet til Nørrebækken i det første måleår.



Total kvælstof koncentrationen i udløbet fra Tvilho Dambrug har overordnet haft samme variation gennem det første måleår som nitrat-nitrit-kvælstof, med laveste værdier i vinterhalvåret (4-7 mg N/l) og de højeste i sommerhalvåret (6-13 mg N/l) (figur 10). Total kvælstof består primært af ammonium-N og nitrat+nitrit-N, mens partikulært kvælstof (organisk kvælstof) kun udgør en mindre andel. Den lavere total kvælstof koncentration i vintermånederne afspejler således det relativ store fald i ammonium-N koncentrationen i vintermånederne og det tilsvarende fald i nitrat-nitrit-N koncentrationen i udløbet fra dambruget.

I lighed med bl.a. nitrat-kvælstof kan orthofosfat-P optages af planterne i plantelagunen i vækstsæsonen. Endvidere kan det i et vist omfang binde til det sediment og evt. slam der ligger på bunden af plantelagunerne.

Efter indledende meget høj koncentration i de første par måneder af måleår 1 (0,4-0,8 mg P/l) falder koncentrationen gradvist gennem 2005 med nogle små stigninger undervejs så den fra december 2005 og efterfølgende stabiliseres på et niveau på knap 0,2 mg P/l (figur 11).

Orthofosfat udgør i det meste af 1. måleår over halvdelen og generelt mellem 65 – 80 % af det fosfor, der tabes fra dambruget via afløbet. Derfor følger total-fosfor koncentrationen overordnet også koncentrationsforløbet for orthofosfat-P (figur 12). Hovedparten af de fosforholdige partikler, der dannes som konsekvens af fiskeproduktionen, fanges i slambassinerne eller i plantelagunerne, men noget af fosforen frigives fra disse partikler igen og aflødes fra dambruget som opløst fosfor. Det bemærkes, at de højeste fosforkoncentrationer kommer i juni 2005 og dermed ½ måned senere end de højeste kvælstofkoncentrationer (figur 8 - 12).

Koncentrationsforløbet gennem første måleår for organisk stof i udløbet fra Tvilho Dambrug udtrykt ved henholdsvis BI_5 (figur 13) og COD (figur 14) er næsten ens. BI_5 - og COD-koncentrationen toppe i starten af juni 2005, hvorefter der sker et markant fald i koncentrationerne frem til midten af juli 2005. BI_5 -koncentrationen ligger fra juli 2005 frem til slutningen af marts 2006 på ca. 2-4 mg/l, med en svagt faldende tendens gennem perioden for så at stige i april. COD-koncentrationen varierer mere end BI_5 -koncentrationen, men er i samme periode mellem under 5 og 12 mg/l for også at stige fra slutningen af marts 2006. BI_5 forbruges bl.a. i biofiltret i forbindelse med bakteriel stofomsætning. Samtidigt er en høj opholdstid vigtig for en stor omsætning af BI_5 (Fjorback et al. 2003). BI_5 udgør generelt mellem ¼ og en 1/3 af COD i udløbet fra dambruget, idet hovedparten af COD er langsomt eller svært omsætteligt og omsætningen er betinget af andre processer end omsætningen af let omsætteligt organisk stof (BI_5).

Koncentrationen af suspenderet stof (partikler) varierer som de øvrige kemiske variable en del de første par måneder, men falder til et lavt, relativt stabilt niveau på 1 -5 mg/l i perioden juli 2005 til primo marts 2006, hvorefter den som de øvrige partikulære kemiske variable stiger kraftigt i slutning af marts og i april 2006 (figur 15).

Det fremgår af kapitel 5.3 at der netto er en vis tilførsel af grund-/drænvand samt fra gammel bagkanal over plantelagunerne i vinterhalvåret, og netto ingen tilførsel i sommermånederne. I perioden december 2005 til april 2006 udgør tilførsel af grund-/drænvand og/eller fra bagkanal op til netto 25 – 35 % af vandtilførslen til plantelagunerne. Det stof der tilføres som grundvand er kun på opløst form og må antages at have koncentrationer på niveau med det der kommer fra indtagsvandet og dermed virkende fortyndende på koncentrationerne i plantelagunerne, mens koncentration i det vand der kommer fra bagkanal ikke kendes, men den kan ikke være højere end i afløb fra produktionsanlægget. Alt andet lige vil det ekstra vand, der tilføres via grund-/drænvand og bagkanal stabilisere og reducere koncentrationsniveauet lidt, men præcis hvordan dette kan have påvirket koncentrationsudviklingen i udløbet fra Tvilho Dambrug er vanskeligt at vurdere, da det ikke har været en del af projektet at undersøge og måle på dette. Problemstillingen omtales yderligere i kapitel 9 og 12.

7 Overholdelse af udlederkrav

I miljøgodkendelsen for Tvilho Dambrug er der i den to-årige forsøgsperiode opstillet nogle udlederkrav jf. kapitel 2.3, der er fastlagt som koncentrationsforøgelser i forhold til dambrugets indløb (indtagsvandets koncentrationer) (*Ribe Amt, 2004*). Ribe Amt har stillet krav om, at overholdelse af udlederkravene foretages ved at anvende retningslinierne for tilstandskontrol i den til enhver tid gældende danske standard for afløbskontrol og statistisk kontrolberegning af afløbsdata, dvs. Dansk Standard 2399 (*Dansk Standard, 1999*). Ribe Amt oplyser, at kontrol efter Dansk Standard 2399 generelt anvendes i amtet ved udlederkontrol fra dambrug. Imidlertid er DS 2399 beregnet til kontrol alene på udledning, dvs. hvor der ikke er en koncentration i indløb, hvor udledninger fra dambrug bør foretages med udgangspunkt i forskellen i koncentrationen hen over et dambrug dvs. på den koncentrationsforøgelse over dambruget, jf. *Bekendtgørelse for modeldambrug (2002)* og anbefalingerne i faglig rapport nr. 60 fra DMU om "Afløbskontrol fra dambrug" (*Larsen og Svendsen, 1998*). Endvidere bør kontrollen for f.eks. total kvælstof og total fosfor gennemføres som en transportkontrol.

Amtet søger at tage højde for dette ved at tillade at koncentrationen i indtagsvandet kan lægges oven i kravværdien ved beregning af udlederkontrollen, men dette giver problemer ved selve den statistiske beregning af, om udlederkravene er overholdt. Når dette beregnes efter DS 2399 kan det kun beregnes på den faktiske koncentration i udledningerne og ikke på koncentrationsforskellen, fordi der i DS 2399 skal omregnes til logaritmen af koncentrationen. Der kan ikke tages logaritmen af negative koncentrationer, som opstår i de tilfælde hvor indløbskoncentrationen er højere end den i udløbet fra dambruget. Endvidere er logaritmen til differencen mellem to koncentrationer (dvs. $\log(a-b)$) ikke det samme som forskellen mellem logaritmen på de samme to tal (dvs. som $\log(a) - \log(b)$). Det vurderes derfor ikke at være fagligt korrekt at anvende DS2399 ved udlederkontrol på dambrug, som opererer med forskelskoncentrationer, den bør alene anvendes, hvor der ikke opereres med koncentrationer i indløbsvandet.

I tabel 6 er udlederkontrollen dels beregnet efter DS2399 og dels som forudsat i *Bekendtgørelse om modeldambrug (2002)*, dvs. efter *Larsen og Svendsen (1998)*. Det antages at sikkerheden for overholdelse af udlederkravene skal være 95 % (sikkerheden for miljøet) som forudsat i *Dambrugsbekendtgørelsen* og anbefalet i *Pedersen et al. (2003)*. Sædvanligvis regnes 95 % statistisk sikkerhed for at være temmelig høj.

Kontrolparameter	Kravværdi i Miljøgodk. mg l ⁻¹	Udledn. efter DS 2399 mg l ⁻¹	Udledning efter Bekendt. modeldambrug mg l ⁻¹	Teoretiske kravværdier fra Dambrugsbekendtgørelsen (mg l ⁻¹)
Susp. stof	10	6,27	8,30	27 (3)
NH ₄	1,0	1,52	1,20	3,0 (0,3)
Total-N	6,0	8,18	5,72	6,0 (0,6)
Total-P	0,5	0,523	0,537	0,5 (0,05)
BI ₅	7	4,46	3,49	7,0 (0,7)

Tabel 6 Kontrol på udledningerne fra Tvilho Dambrug (dvs. ikke på forskelskoncentrationen over dambruget som angivet i Miljøgodkendelsen, da det ikke er fagligt muligt) det første måleår med beregnede statistiske udlederværdier beregnet dels ud fra DS 2399 = Dansk Standard for udlederkontrol dels beregnet efter miljøgodkendelsen udlederkrav men som anbefalet i Bekendtgørelsen om modeldambrug, jf. *Larsen og Svendsen (1998)* dog som tilstandskontrol. Der er beregnet efter en statistisk sikkerhed på overholdelse af udledninger på 95 %. Med kursiv er vist, hvor udlederkravene ikke er overholdt det første måleår. Sidste kolonne er de beregnede udlederkravværdier hvis dambrugsbekendtgørelsens vejledende udlederkravværdier (som er angivet i parentes) ganges med forholdet mellem tilladt vandindtag før ombygning og max. vandindtag efter ombygning, svarende til at udlederkravene var fuldt kompenserede for det reducerede vandforbrug efter ombygning.

Den statistisk beregnede udlederværdi, der sammenholdes med udlederkravet, findes som gennemsnitskoncentrationen i kontrolperioden (her måleår 1) plus spredningen på koncentrationerne i kontrolperioden ganget med en statistisk justeringsfaktor, som beregnes jf. *Larsen og Svendsen (1998)* og *Pedersen et al. (2003)*. Kursiv i tabel 6 angiver hvor udlederkravene ikke har været overholdt for en given kemisk variabel ved den angivne kontrolmetode. Udlederkontrollen viser at Tvilho Dambrug ikke har overholdt de midlertidige udlederkrav i det første måleår hvad angår ammoniak og total fosfor uanset hvilken kontrolmetode der anvendes. Udlederkravene overholdes heller ikke for total kvælstof såfremt kontrollen udføres efter DS2399 men kan lige overholdes efter metoden i modeldambrugsbekendtgørelsen. For suspenderet stof og BI₅ overholdes udlederkravene uanset statistisk kontrolmetode. Overskridelsen ift. kontrol efter DS2399 er for total kvælstof så stor, at selv om udlederkravene blev overholdt for ammoniak, ville der være problemer med at overholde kravene for total kvælstof, idet ammoniak kontrolværdien kun overskrider kravværdien med 0,52 mg/l mens total kvælstof overskrider med 2,18 mg/l ift. miljøgodkendelsens krav.

I tabel 6 er også angivet, hvad kravværdierne teoretisk ville blive hvis udlederkravene ifh til dambrugsbekendtgørelsens krav var fuldt kompenserede for det reducerede vandforbrug efter ombygning af dambruget, svarende til faktor ca. 10 (forholdet mellem medianminimumsvandføringen i Nørrebækken og tilladt vandindtag efter ombygning). Så ville Tvilho Dambrug kunne overholde udlederkrav vedrørende suspenderet stof, ammoniak og BI₅ men ikke for total kvælstof og total fosfor ved 95 % statistisk sikkerhed baseret på DS2399 tallene fra det første måleår. Det bemærkes, at Tvilho Dambrug i første måleår har brugt væsentlig mindre foder end tilladt.

Det fremgår i øvrigt, at for total kvælstof, total fosfor og organisk stof (BI₅) har amtet i miljøgodkendelsen fastlagt kravværdierne lig med de teoretiske kravværdier efter dambrugsbekendtgørelsen, dvs. med fuld kompensation for reduktionen i vandindtaget.

8 Massebalancer

8.1 Produktionsbidrag

I følge den førte driftsjournal har foderforbruget i det første måleår været på i alt 86,4 tons, hvilket er noget lavere end det tilladte foderforbrug på 127,2 tons for en driftsperiode (52 uger). Det er opgjort at der er produceret 103,5 tons fisk (inkl. døde) dvs. en foderkoefficient på 0,835.

På baggrund af foderanalyser fra batches på Tvilho Dambrug, fordøjelighedsforsøg og et antaget foderspild på 1 % er der beregnet produktionsbidrag (dvs. det stofbidrag (mængde affaldsstoffer) som alene skyldes fiskeproduktionen) for total kvælstof, total fosfor, BI_5 og COD (tabel 7).

Produktionsbidrag	NH ₄ -N	Total N	Total P	BI ₅	COD
I kilo	2.708	3.449	464	5.653	18.844
I kg pr. tons foder	31,2	39,9	5,3	66,0	220
I kg pr. tons fisk	26,2	33,3	4,4	55,1	184

Tabel 7 Beregnede produktionsbidrag for det første måleår på Tvilho Dambrug opgjort i kg, kg pr. tons foder og kg. pr. tons produceret fisk.

8.2 Massebalancer

For at kunne beregne hvor meget stof der fjernes i forskellige dele af dambruget er der beregnet, hvor store stofmængder der er tilført og afledt forskellige steder på dambruget, så der kan beregnes massebalancer hen over produktionsenhederne, plantelagunerne og over hele dambruget m.v. En stofmængde er (fraset produktionsbidraget) beregnet ved at gange en daglig vandmængde et givent målested med en tilhørende døgnmiddelkoncentration. Vandmængderne måles som beskrevet i kapitel 2 kontinuert i en række målepunkter for hvilke der er beregnet en døgnmiddel vandmængde. De døgnlige stofkoncentrationer er fundet ved lineær interpolation mellem de målte døgnmiddelkoncentrationer fra prøvetagning af vandkemiske prøver hver 14. dag. Stofmængderne forskellige steder på dambruget fremgår af tabel 8.

De to kilder til stofinput er borerne (indtagsvandet = I) og foder (produktionsbidraget eller bidrag fra fiskeproduktionen = P). Produktionsbidraget ses som et stofbidrag fra skylning af yngel, fra levérdamme og de fire produktionsenheder, returskylning af biofiltre i produktionsanlægget samt via de forøgede stofmængder der løber ud af produktionsanlægget til plantelagunerne ift. indtagsvandet. Produktionsbidraget er opgjort samlet for de fire produktionsanlæg og yngelanlægget.

Som omtalt i kapitel 5.3 tabes der lidt vand over produktionsenhederne inklusiv levérdamme, mens der netto tilføres vand over plantelagunerne via indsigning af dræn-/grundvand og periodisk tilstrømning fra en bagkanal, således at der samlet det første tilføres dambruget 4 – 5 % vand udover, hvad der måles via de to borer. Denne afvigelse er kun

lidt højere end måleusikkerheden og der vil ikke blive taget højde for det ved beregning og vurdering af resultater for massebalancer og rensegrader over hele dambruget. Den vandmængde der tilføres og afledes fra slambassiner er der en vis usikkerhed på især er tilførslen usikkert bestemt. Det skyldes, at der kun tilføres vand i visse perioder, således at beregningerne er afhængige af tidsangivelser for hvornår pumper fra slambrønd til slambassiner har kørt og at der i kortere perioder har været problemer med afløbet fra slambedene. Der anvendes tallene for det målte afledte vandmængde fra slambedene, selv om den er lidt højere end den målte tilførsel, da de afledte mængder er de mest præcist målte. Vandmængderne fra slambassinerne har kun ringe betydning for den samlede vandbalance, men er vigtige ift. stoftilførsler til plantelagunerne.

	Vandmæng. m ³	Susp kg	NH ₄ -N kg	NO ₂₃ -N kg	Total -N kg	Ortho-P kg	Total-P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagsvand samlet (I)	554.640	2.418	329	1.084	1.609	32	83	1.255	3.781
Produktionsbidrag (P)	-	-	2.708	-	3.449	-	464	5.653	18.844
Samlet stofinput (I +P)	554.640	>2.418	3.037	>1.084	5.058	>32	547	6.908	22.625
Opstrøms leveredam	493.403	2.139	289	963	1.425	28	72	1.112	3.348
Vandindtag til prod. anlæg	421.887	1.778	250	818	1.210	24	61	936	2.783
Returskyl yngelanlæg (*)	61.240	506	38	116	218	7	18	359	765
Afløb produktionsanlæg	433.790	1.404	673	3.366	4.336	137	174	1.523	5.654
Klaringsvand fra slambed	19.559	2.878	466	20	662	128	342	2.350	5.826
Tilført plantelaguner i alt	514.589	4.788	1.176	3.503	5.216	272	534	4.232	12.245
Udløb Dambrug	580.412	3.505	702	3.105	4.238	150	249	2.134	7.733

Tabel 8 Beregnede samlede stofmængder i første måleår ved forskellige målesteder på Tvilho Dambrug. I = stofmængder i indtagsvandet. P = produktionsbidrag fra fiskeproduktionen (foder). Der kan ikke beregnes produktionsbidrag for suspenderet stof, nitrat og orthofosfat. (*) Når der returskylles/renses i yngelanlæg ledes dette ud til plantelagunerne. Det gennemsnitlige vandindtag har været 17,6 l/s.

I modsætning til de fleste gennemstrømningsanlæg giver produktionsbidraget på Tvilho Dambrug lang større stoftilførsel end vandindtaget.

Stofmængden i afløb fra slambassinerne (det klarede slamvand) for suspenderet stof, ammonium, fosfor og organisk stof (BI₅ og COD) er af samme størrelsesorden eller større end stofmængden, der tilføres plantelagunerne ved afløb fra de produktionsenheder og yngelanlæg tilsammen. Til gengæld tilføres meget små mængder nitrat med slamvandet til plantelagunerne. Det betyder, at en større del af det stof der egentligt er tilbageholdt og overført til slambassinerne, tilbageføres til plantelagunerne og evt. udledes. Det bemærkes også, at plantelagunerne tilføres ganske store mængder ammonium mest via afløb fra produktionsanlægget men også med klaringsvandet fra slambedene.

9 Rensegrader og stoffjernelse

9.1 Beregning af rensegrader

I dette kapitel beregnes stoffjernelsen over hele dambruget og over del-del-elementerne i produktionsanlæg, plantelagune m.v. Rensegraden beregnes ud fra to beregningsmetoder. Rensegraden R_N for en given kemisk variabel er bestemt ud fra anvisningen i *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)*, som

$$R_N (\%) = ((P - U_N) / P) * 100, \text{ hvor} \quad (1)$$

P = produktionsbidraget

U_N = dambrugets nettoudledning, dvs. målte udledning U_M minus I = input fra indtagsvand (boringer).

Denne metode kan kaldes nettorensesegraden, som svarer til at stoftilbageholdelsen over hele dambruget S_N for en given kemisk variabel bestemmes i procent af produktionsbidraget P for det samme stof, dvs.

$$R_N (\%) = S_N / P * 100$$

Endvidere beregnes en bruttorensesegrad R_B hvor stoftilbageholdelsen over dambruget S_N for en given kemisk variabel bestemmes i procent af den samlede stoftilførsel dvs. ift. produktionsbidraget P plus stofbidraget fra indtagsvand (I), dvs.

$$R_B (\%) = (S_N / (I + P)) * 100 \quad (2)$$

Brug af ovenstående formel forudsætter at vandindtaget til dambruget udgør mindre end eller lig med 10 % af vandløbets medianminimumsvandføring, hvilket stort set er for Tvilho Dambrug ift. Nørrebækkens medianminimumsvandføring som er skønnet til godt 150 l/s på strækningen ved dambruget (*Ribe Amt, 2004*).

9.2 Rensegrader over hele dambruget

Målinger og beregninger for første det første måleår viser for Tvilho Dambrug (tabel 9) at nettorensesegraden (R_N) har været 24 % for total kvælstof (N), 64 % for total fosfor (P) og 85 % for organisk stof udtrykt som BI_5 , hvilket er næsten lig med eller lidt højere end forudsætningerne i jf. *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* for type III modeldambrug. Bekendtgørelsen forudsætter rensegrader på henholdsvis 11 %, 60 % og 75 % for de tre kemiske variable for et type III modeldambrug uden mikrosigter. For total kvælstof skal der til de 11 % dog tillægges, at plantelagunerne forudsættes at fjerne 1 g N pr dag pr m^2 , dvs. 365 g pr. m^2 pr. år eller med de 1.375 m^2 plantelagune i Tvilho Dambrug (jf. kapitel 11) 502 kg total kvælstof pr. år. Omregnet svarer dette til at nettorensese-

den for kvælstof mindst skal være 26 %, hvilket ikke helt har været opfyldt.

Man skal være opmærksom på at for modeldambrugene under forsøgsordningen er der dispenseret ift. kvælstofudledninger således at det er den forventede rensegrad for fosfor, der har bestemt den tildelte fodermængde. Det betyder, at dambruget skal op omkring en rensegrad på 55-65 % for total kvælstof for efterfølgende at kunne opfylde rensegraderne ift. til det tildelte foderforbrug. Den lavere nettorensgrad for kvælstof end forudsat, samt en rensegrad kun lidt over forudsætninger for total fosfor forklarer også hvorfor udlederkravene for ammoniak, total kvælstof og total fosfor ikke har været overholdt efter DS2399.

Beregningerne viser også, at selvom nettorensgraden har været på ca. 86 % for ammonium-N, så er dette ikke en tilstrækkelig stor omsætning til, at de fastsatte udlederkrav kan overholdes, da disse for ammonium-N er skærpede ifh. til det udlederkrav man ville få, hvis man baserede tallet på dambrugsbekendtgørelsens kravværdier og den konkrete reduktion i vandforbrug efter ombygning af dambruget. De mængder ammoniak, der løber fra de fire produktionsenheder og yngelanlæggene og med klaringsvandet fra slambassinerne er generelt for store.

Der er ikke udregnet rensegrader for suspenderet stof, da et produktionsbidrag for suspenderet stof vurderes at have begrænset forureningsmæssig relevans.

Forskellen mellem netto- og bruttorensgraderne afspejler, hvor meget stofbidraget fra indtagsvandet udgør af produktionsbidraget. Det har stort set samme relative betydning for alle stoffer.

	Vandmængde m ³	NH ₄ -N Kg	Total-N kg	Total-P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagvand samlet (I)	554.640	329	1.609	83	1.255	3.781
Produktionsbidrag (P)		2.708	3.449	464	5.653	18.844
Stofbidrag indtagvand + produktionsbidrag (I + P)		3.037	5.058	547	6.908	22.625
Målte udledning fra dambruget (U _M)	580.412	702	4.238	249	2.134	7.733
Dambruget nettoudledning U _N (U _M minus I)		373	2.629	166	879	3.952
Nettorensgrad R _N (%) jf. formel (1)		86	24	64	85	79
Bruttorensgrad R _B (%) jf. formel (2)		77	16	55	69	66
Stofudledning netto i g pr kg produceret fisk		2,9	20,7	1,31	6,9	31,1
Stofudledning brutto i g pr kg produceret fisk		5,5	33,3	1,96	16,8	60,8

Tabel 9 Beregnede udledninger til vandløb og rensegrader over Tvilho Dambrug for første måleår, ud fra henholdsvis samlede stofinput til dambruget (brutto) og ud fra produktionsbidraget (netto). Endvidere er stofudledningerne beregnet brutto og netto ift. mængde produceret fisk.

I tabel 9 er der endvidere angivet en stofudledning i g pr. kg produceret fisk beregnet både ift. den faktiske udledning fra dambruget (brutto) og ift. nettoudledningen fra dambruget det første måleår (netto). De tilsvarende tal for netto stofudledninger pr. gram produceret fisk for Døstrup Dambrug (Fjorback *et al.*, 2003) var:

- NH₄-N: 4-6 g pr kg. produceret fisk

- Total N: 5-11 g pr. kg produceret fisk
- Total P: 2 g pr. kg produceret fisk
- BI₅: 20-28 g pr. kg produceret fisk.

Nettostofudledningerne fra Tvilho Dambrug pr. kg. produceret fisk har været lavere end ved Døstrup Dambrug.

9.3 Rensegrader over produktionsanlægget og over plantelagunerne

I dette afsnit vises resultaterne for stoftilbageholdelse og rensegrader over det samlede produktionsanlæg (tabel 10) og over plantelagunerne (tabel 11). I tabel 10 er medtaget stoffjernelsen i sættefiskeanlæg og levérdam. I tabel 10 er der bl.a. angivet den samlede mængde klaringsvand med tilhørende stofmængder. Herudover kommer der også slamvand ved skylning af yngelanlægget, men dette ledes direkte i opstrømsdelen af plantelagunerne og for nitrat og total kvælstof er stofmængderne af samme størrelsesorden som med slamvandet fra slambassinerne. Produktionsbidraget er det samlede produktionsbidrag vedr. det anvendte foder i første måleår.

Stoffjernelsen i produktionsanlægget er et mål for, hvad der fysisk opsamles i slamkeglerne og biofiltrene og som føres over i slambassinerne. Det dækker endvidere også en evt. omsætning af stof som giver anledning til et stoftab i produktionsenhederne herunder i yngelanlæg og levérdamme samt i biofiltrene (og evt. i slamkeglerne). Stoffjernelsen i produktionsanlægget er fundet som forskellen mellem det stof, der tilføres produktionsanlægget via boringsvandet og produktionsbidraget minus det stof, der er målt løbende fra de fire produktionsenheder inkl. levérdamme samt yngelanlæg til plantelagunerne.

For plantelagunerne beregnes stoftilbageholdelsen som forskellen mellem det stof, der tilføres fra de fire produktionsanlæg inkl. levérdamme, skyllevand fra yngelanlæg samt med klaringsvandet fra slambed minus det stof som udløber fra dambruget (afløb plantelaguner).

Rensegraderne er både i tabel 10 og 11 beregnet på to måder:

- stoffjernelse i procent af stoftilførslen til produktionsanlægget (tabel 10) og til plantelagunerne (tabel 11)
- stoffjernelse i procent af det samlede produktionsbidrag (tabel 10 og 11)

For plantelagunerne beregnes stoffjernelse endvidere i procent af den samlede stoftilførsel til dambruget (dvs. i procent af I + P fra tabel 9)

For produktionsanlægget er stoffjernelsen desuden blevet beregnet som angivet i de to dots ovenfor, men hvor der er modregnet for at en større del af det stof, der overføres til slambassinerne via tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre, efterfølgende ledes til plantelagunerne

sammen med klaringsvandet fra slambassiner (heri medtaget skyllevand fra yngelanlæg). Dette stof er dermed reelt ikke fjernet. Dette er et mål for netto stoffjernelse i slamfælder og biofiltre, mens stoffjernelsen udregnet uden der tages højde for afløb af stof med klaringsvandet, er et mål for brutto tilbageholdelsen/omsætningen i slamfælder og biofiltre (hvad de har tilbageholdt/fjernet og ført over i slambedene). Jo bedre man bliver til at reducere stofmængderne i klaringsvandet, des tættere vil netto og brutto tallene komme på hinanden og desto større reel rensning vil renseforanstaltningerne i produktionsanlægget kunne præstere. Samtidig vil plantelagunerne skulle tilbageholde mindre stof og udledninger kan antages at blive reduceret.

For plantelagunerne er stoftilbageholdelsen/omsætningen også udtrykt i gram per m² plantelagune pr. dag for at kunne sammenligne med andre dambrug (tabel 11)..

Produktionsanlæg	Vand- mængde m ³	Suspend. stof kg	NH ₄ -N kg	Total-N kg	Total-P kg	BI ₅ kg	COD kg
Indtagsvand samlet (I)	554.640	2.218	329	1.609	83	1.255	3.781
Produktionsbidrag (P)	-	-	2.708	3.449	464	5.653	18.844
I alt tilført produktionsenhederne	554.640	>2.218	3.037	5.058	547	6.908	22.625
Afløb fra samlede produktionsanlæg	554.823	>1.910	711	4.554	192	1.882	6.419
Stoffjernelse over samlede produk. anlæg	-	>308	2.326	504	355	5.026	16.206
Stoffjernelse prod. anlæg i % af input (a)	-	-	77	10	65	73	72
Stoffjernelse prod. anlæg i % af prod. bidrag (b)	-	-	86	15	77	89	86
Stof klaringsvand fra slambede til plantelaguner	19.559	2.878	466	662	342	2.350	5.826
Som (a) men reguleret for stoftab klaringsvand	-	-	61	-3	2	39	46
Som (b) men reguleret for stoftab klaringsvand	-	-	69	-5	3	47	55

Tabel 10 Stoffjernelse over hele produktionsanlægget inkl. yngelanlæg og de tilhørende rensegrader for det første måleår ved Tvilho Dambrug for kemiske variable. Evt. rensning i yngelanlæg og levérdamme er medregnet. Se tekst for nærmere forklaring.

Ved sammenligning af resultaterne i tabel 10 og 11 skal man være opmærksom på, at stof, der fjernes i produktionsanlægget og ikke senere tilføres plantelagunerne via klaringsvandet fra slambassinerne ikke også kan fjernes i plantelagunerne. Det betyder, at plantelagunerne sandsynligvis kan fjerne mere af nogle stoffer end de faktisk gør, hvis de blev belastet hårdere, herunder hvis alt stof blev tilført opstrøms i plantelagunerne fremfor at en større andel tilføres i den nedre del af disse.

Umiddelbart fjernes store dele (mellem 65 og 77 %) af stofinputtet i produktionsanlægget ift. ammoniak, total fosfor og organisk stof (BI₅ og COD) og endnu højere andele, hvis stoffjernelse beregnes ift. produktionsbidraget. Til gengæld er stoffjernelsen af total kvælstof betydeligt lavere (10 % af det samlede input og 15 % af produktionsbidraget). Skal man reelt vurdere stoffjernelsen i produktionsanlægget og sammenligne med betydningen af den tilsvarende stoftilbageholdelse i plantelagunerne skal der imidlertid tages højde for, at en væsentlig del af det stof, der er ført over i slambassinerne ved returskylning af biofiltre og tømning af slamkegler, efterfølgende udledes til plantelagunerne med klaringsvan-

det. Ses på den reelle nettofjernelse af stof i de tre produktionsanlæg, så er denne set ift. produktionsbidraget på 69 % for ammonium og 47-55 % for organisk stof.

For total kvælstof er der ingen nettofjernelse over produktionsanlægget når der tages højde for tab med slamvandet, og nettotilbageholdelsen er meget lav for total fosfor. Der tabes relativt meget ammonium og opløst fosfor med klaringsvandet fra slambassinerne.

Fjernelsen af ammonium i produktionsanlægget er et udtryk for at dette omdannes til nitrit/nitrat. Dermed fjernes der ikke kvælstof, men der sker en tilførsel af nitrat til slambassinerne i hvilke der tilsyneladende sker en vis omsætning af nitrat til ammoniak. Den nitrat der fra produktionsanlægget ledes til plantelagunerne kan optages i planter. Nitrat kan omsættes til frit kvælstof, hvis der på bunden af plantelagunerne er let-omsætteligt organisk stof og iltfattige forhold. Ammoniak kan omsættes i vandfasen, hvis der er tilstrækkeligt med ilt og letomsætteligt organisk stof tilstede.

Plantelagune	Vandmæng. m ³	Susp. stof kg	NH ₄ -N Kg	NO ₃ -N kg	Total -N Kg	Ortho-P kg	Total-P kg	BI ₅ kg	COD kg
Samlet tilførsel til plantelaguner	514.589	4.788	1.176	3.503	5.216	272	534	4.232	12.245
Udløb fra plantelaguner til vandløb	580.412	3.505	702	3.105	4.238	150	249	2.134	7.733
Tilbageholdelse i plantelagunen	-65.822	1.283	474	397	979	122	285	2.098	4.512
Tilbagehold. plantelagune i % af input	-13	27	40	11	19	45	53	50	37
Tilbagehold. plantelagune i % af prod. bidrag			18		28		61	37	24
Tilbageholdelse i % brutto input dambrug			16		19		52	30	20
Tilbageholdelse i g pr. m ² pr. dag (1.375 m ²)		2,6	0,94	0,79	1,95	0,24	0,57	4,18	8,89

Tabel 11 Beregnet stofilbageholdelse/-fjernelse over plantelagunerne og de tilhørende rensegrader for kemiske variable. Den samlede tilførsel til plantelaguner består af afløbsvand fra produktionsanlægget, klaringsvand fra slambassinerne samt skyllevand fra yngelanlæg.

Der tilbageholdes/fjernes ca. 40 % af det tilførte ammonium-N i plantelagunerne. Tilsvarende tilbageholdes/omsættes 11 % nitrat og 20% total kvælstof, mens ca. 50 % af det tilførte fosfor tilbageholdes over lagunerne. Der omsættes også ca. halvdelen af det tilførte BI₅, mens tilbageholdelsen af tilført COD er lavere, ca. 37 %. Da der ikke har været nogen nettoudsivning fra plantelagunerne på Tvilho Dambrug angiver rensegraderne stof, der enten er omsat eller tilbageholdt (i sediment, planter m.v.).

Sammenlignes rensegraden i plantelagunerne beregnet i forhold til produktionsbidraget med de tilsvarende rensegrader over produktionsanlægget (når der er taget højde for stoftab med klaringsvandet) fjernes der i produktionsanlægget en langt større del af produktionsbidraget af ammonium (86 %) og organisk stof (86-89 %) end i plantelagunerne, hvor der kun fjernes henholdsvis 18 % og 24-37 %. Tilsvarende er nettorensen-graden af produktionsbidraget større i produktionsanlæg for total fosfor med 77 % sammenlignet med plantelagunernes 61 %). For total kvælstof

er netto rensegraden af produktionsbidraget højere i plantelagunerne (28 %) end i produktionsanlægget (15 %).

Sammenlignes stoffjernelsen med den aktuelle belastning fjerner plantelagunerne en væsentlig højere andel af total kvælstof (19 %) end det er tilfældet netto over produktionsanlægget (-3 %), mens den er noget højere for øvrige stoffer over produktionsanlægget. Renseforanstaltningerne i produktionsanlægget fjerner/omsætter ammonium, fosfor og organisk stof og ligger opstrøms plantelagunerne, hvorfor disse naturligvis har en mindre stofmængde at rense på. Da de samtidig modtager en del af stoffet relativt nedstrøms vil kun en del af plantelagunerne kunne virke på de tilførte stoffer.

Udtrykkes stoffjernelsen ift. overfladearealet i plantelagunerne fås 2 g N pr. m² pr. døgn for total kvælstof, hvilket er over forudsætningen for modeldambrugene på de 1,0 g pr. m² pr. døgn, som blev fastlagt efter der på Døstrup Dambrug var målt mellem 0,9 og 1,4 g N pr. m² pr. døgn (*Fjorback et al., 2003*). Den beskedne nettofjernelse af kvælstof andre steder i dambruget medfører dog, at den samlede fjernelse af kvælstof ikke er stor nok over hele dambruget. For ammonium-N, total fosfor og BI₅ har stoffjernelsen pr. m² plantelagune også været højere end resultaterne fra Døstrup Dambrug, som gav:

- 0,16 - 0,29 g NH₄-N pr. m² plantelagune pr. døgn
- 0,03 – 0,07 g fosfor pr. m² plantelagune pr. døgn
- 1,8- 2,5 g BI₅ pr. m² plantelagune pr. døgn

9.4 Sammenligning af stoftab over dambruget

I dette afsnit sættes summen af stoffjernelse forskellige steder på dambruget til 100 % for direkte at kunne sammenligne stoffjernelsen over:

- Produktionsanlægget, hvor der henholdsvis er taget højde for stoffjernelse med klaringsvandet (tabel 12) og ikke tages højde for det (figur 16). Der er i denne statusrapport ikke lavet en opdeling af, hvor meget stof der er fjernet i henholdsvis slamkegler og i biofiltre.
- Plantelagunerne
- Til vandløbet, dvs. hvad der tilføres af stof til Nørrebækken ved udløb fra dambruget

I tabel findes værdierne ved:

$$\text{Samlet nettostoffjernelse} = (PA_s - KV_s) + PL_s + VL_s, \text{ hvor} \quad (3)$$

PA_s = stoffjernelse over produktionsanlægget brutto, dvs. uden kompensation for stoftab fra slambassiner med klaringsvandet

KV_s = stoffjernelse med klaringsvandet fra slambassinerne

PL_s = stoffjernelse over plantelagunerne

VL_s = stoffjernelse fra dambruget til vandløbet via udløbet fra dambruget

Idet den samlede nettostoffjernelse sættes til 100 % beregnes de tre andre størrelser i ligning 3 som procent af den samlede nettostoffjernelse.

I figur 16 er ligning 3 ændret til:

$$\text{Samlet bruttostoftab} = PA_s + PL_s + VL_s \quad (4)$$

og det samlede bruttostoffjernelse er sat til 100 %. En del af det stof der fjernes i produktionsanlægget ved overførsel til slambassinerne tabes igen med klaringsvandet (inkl. tab med skyllevand fra yngelanlæg), og denne andel er vist som en negativ fjernelse i figur 16.

Nettostoffjernelsen over produktionsanlægget (dvs. den faktiske stoffjernelse, når der er kompenseret for stoftab fra slambassinerne med klaringsvandet) viser, at andelen af den samlede stoffjernelse over dambruget er godt 60 % hvad angår ammonium-N og mellem 39 og 46 % for organisk stof over produktionsanlægget, som dermed er den vigtigste renseforanstaltning ift. disse stoffer. Til gengæld er nettostoffjernelse af total kvælstof og total fosfor omkring 0 over produktionsanlægget (tabel 12). Plantelagunerne fjerner netto knap 20 % total kvælstof og fjerner netto 25 gange mere total fosfor (52 %) end netto i produktionsanlægget. Der udledes over 4 gange mere total kvælstof end der fjernes over dambruget. Ligeledes er andelen af total fosfor som tabes til vandløbet relativ stor svarende til næsten halvdelen af det samlede stoftab over dambruget. Udledningerne af organisk stof udgør mellem 30 og 35 % af den samlede stoffjernelse over dambruget, mens ammoniaktabet til vandløbet er på 23%.

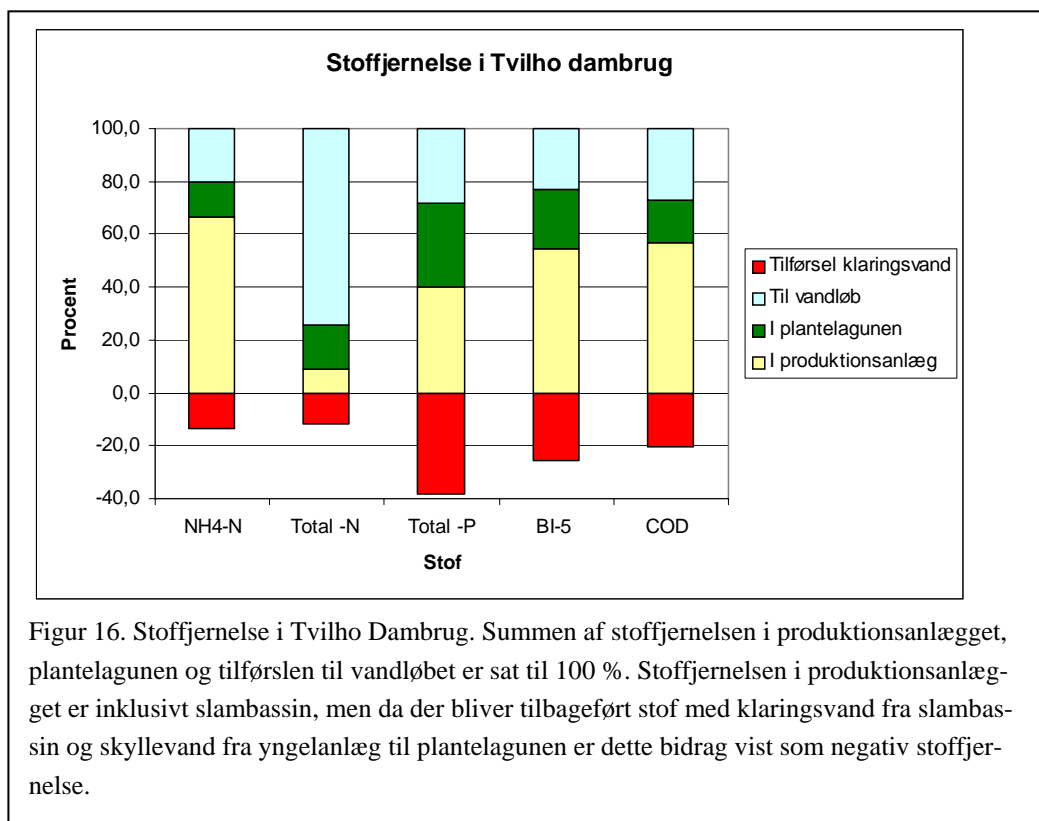
Samlet viser tabel 12, at der fortsat er potentiale for øget stoffjernelse over dambruget/yderligere renseforanstaltninger ift. især total kvælstof og total fosfor, men også ift. de øvrige stoffer.

	NH ₄ -N (%)	TN (%)	TP (%)	BI ₅ (%)	COD (%)
Produktionsanlæg – klaringsvand (PA_s – KV_s)	61,3	-3,1	2,3	38,7	45,9
I plantelagune (PL_s)	15,6	19,3	52,1	30,4	19,9
Til vandløb (VL_s)	23,1	83,8	45,5	30,9	34,2

Tabel 12 Sammenligning af stoffjernelse over produktionsanlægget - netto (dvs. hvor der er taget højde for det stof, der løber med klaringsvandet til plantelagunerne), plantelagunerne og stoftilførsel til vandløb. Tal fra tabel 10 og 11.

Tabet med klaringsvandet er betydeligt, ikke mindst hvad angår total fosfor og BI₅, hvor det for førstnævnte udgør næsten 39 % af den samlede stoffjernelse over dambruget og for organisk stof 20-25 % (figur 16). Det forekommer ikke hensigtsmæssigt, at så stor en andel af stof, som allerede er blevet fjernet i slamkegler og biofiltre og ført over i slambassiner, umiddelbart herefter mobiliseres og ledes tilbage til plantelagunerne. Hertil kommer det uheldige tilbageførssted, der i starten blev anvendt (beskrevet tidligere). Mængden af total kvælstof og fosfor, der til-

føres med klaringsvand og skylning fra yngelanlæg til plantelagunerne, er lige så stor som det der fjernes over produktionsanlægget og for organisk stof er det ca. 50%. Figur 16 viser det store potentiale, der er for stoffjernelse i produktionsanlægget, hvis tabet via klaringsvandet kunne reduceres. Man skal dog være opmærksom på, at en del af stoftabet med klaringsvandet fjernes efterfølgende i plantelagunerne.



10 Vandløbsfauna

10.1 Fysiske forhold i Nørrebæk

Der er gennemført indsamling af faunaprøver henholdsvis op- og nedstrøms Tvilho Dambrug i Nørrebæk.

Strækningen, hvor opstrømsprøven udtages, er omgivet af natureng domineret af starrer og med indslag af bl.a. Benbræk. Vandløbsbunden er sandet helt uden grus og sten, men der er alligevel variation i både bredde og dybdeforhold. Der er undervandsvegetation af især Smalbladet Mærke. Der er synlige okkerudfældninger i vandløbet. Vandløbet bliver formentlig ikke vedligeholdt. Det fysiske indeks er målt til 29 svarende til god fysisk tilstand (Pedersen & Baattrup-Pedersen, 2005).

Strækningen nedstrøms Tvilho Dambrug er omgivet af en smal bræmme af eng. Vandløbet er sandet med forekomst af bl.a. båndblade og Smalbladet Mærke. Vandløbsbunden har kun ringe variation i dybde og bredde. Der er svage okkerudfældninger. De ensartede fysiske forhold tyder på vandløbsvedligeholdelse. Det fysiske indeks er målt til 20 svarende til moderat fysisk tilstand.

10.2 Smådyrfauna

I alt 57 forskellige taxa er registreret i Nørrebæk op- og nedstrøms dambruget ved de tre prøvetagninger udført af DMU i december 2004, september 2005 og juni 2006. Heraf er der fundet 8 arter af døgnfluer og 9 arter af slørvinger. Smådyrfaunaen domineres antalsmæssigt af ferskvandstangloppen *Gammarus* og døgnfluer af slægten *Baetis*. Derudover har forskellige grupper, afhængigt af tidspunkt eller lokalitet, været talrige bl.a. slørvingen *Amphinemura*, børsteorme, vandmider, kvægmyg, stankelben (Dicranota) eller dansemyg.

Blandt de rentvandskrævende arter af slørvinger kan nævnes *Taeniopteryx nebulosa*, *Protonemura meyeri*, *Amphinemura standfussi*, *Isoperla difformis*, samt arter af slægten *Leuctra*.

Artssammensætningen på stationerne op- og nedstrøms for dambruget varierer lidt med årstiden, men der er generelt ikke væsentlig forskel mellem faunaen op- og nedstrøms for dambruget.

I et par tilfælde har der dog været en forøget forekomst af forureningstolerante smådyr nedstrøms for Tvilho Dambrug. I december 2004, inden produktionen var lagt endeligt om fra traditionel drift til modeldambrug, forekom børsteorme således noget hyppigere nedstrøms for dambruget end opstrøms. Efter omlægningen af produktionen har hyppigheden af kvægmyg i august 2005 og juni 2006 været kraftigt forøget nedstrøms for dambruget. Dette har dog ikke været tilfældet ved de øvrige prøvetagninger. Derudover har der ikke været væsentlige forskelle i fo-

rekomsten af forureningstolerante faunaelementer mellem opstrøms og nedstrøms lokaliteterne.

Tilstanden udtrykt som Dansk Vandløbefaunaindeks (DVFI) (*Miljøstyrelsen, 1998 og Skriver et al, 1999*) ud fra smådyrfaunaen har på begge lokaliteter gennem hele perioden ligget mellem DVFI 5 til 7 (tabel 13), og målsætningen på 5 er derfor opfyldt både op- og nedstrøms for Tvilho Dambrug ved alle prøvetagninger.

Tidspunkt	DMU/amt	Nørrebæk, opstrøms	Nørrebæk, nedstrøms
Marts 2004	Ribe Amt	5	5
December 2004	DMU	5	6
April 2005	Ribe Amt	5	5
August 2005	Ribe Amt	5	7
September 2005	DMU	7	5
Februar 2006	Ribe Amt	5	5
Juni 2006	DMU	5	5

Tabel 13 Tilstanden i Nørrebæk op- og nedstrøms Tvilho Dambrug udtrykt som Dansk Vandløbsfaunaindeks. Målinger foretaget af henholdsvis Ribe Amt og DMU.

11 Planter i plantelagunerne

På baggrund af en foreløbig opmåling er plantelagunerne, som er dele af de tidligere jorddamme, sedimentationsbassiner samt nygravede laguner, blevet karakteriseret jf. tabel 14.

Tvilho Dambrug, plantelaguner	
Antal grødefyldte bassiner / kanaler	3 stk
Samlet areal	1375 m ²
Gennemsnitsdybde	1,0 m
Samlet volumen	1375 m ³
Gennemstrømning (afløb)	18,4 l/s
Beregnet opholdstid (middel)	20,8 timer

Tabel 14 Karakteristik af plantelagunerne ved Twilho Dambrug.

I alt 15 arter af vandplanter er registreret ved de første 4 registreringer af grødedækningen i plantelagunerne. Den samlede dækningsgrad har varieret mellem 26 % og 72 % med maksimum ved prøvetagningen i slutningen af september 2005. Trådalger har gennem hele perioden været dominerende i plantelagunerne. Den største dækning blev registreret ved den første besigtigelse i september 2005, hvor trådalgerne udgjorde 51 %. I starten af 2006 har trådalgerne været mindre hyppige, men har dog udgjort 15-20 % af dækningen. Liden Andemad var ligeledes hyppig i 2005, og havde i september 2005 en dækning på 28 %. Det må forventes, at arten også i 2006 udvikles til større dækning, men ved de første to prøvetagninger i april og maj var arten endnu kun til stede med dækninger under 5 %. Brøndkarse og Sødgræs forekom i 2005 med dækningsgrader på 7-10 %. Begge disse arter var kun sporadisk udviklet ved de to tidlige prøvetagninger i 2006. Det må forventes, at både Brøndkarse og Sødgræs bliver noget hyppigere senere i 2006. Alle øvrige arter af planter er kun registreret sporadisk i dammene.

12 Diskussion

I dette kapitel er der en kort diskussion omkring nogle væsentlige problemstillinger omkring måleresultaterne for det første måleår ved Tvilho Dambrug som supplerer den diskussion, der er i de enkelte kapitler i statusrapporten. Det er ikke hensigten i statusrapporten at gå i dybden omkring en række resultater, dette sker dels i den fælles årsrapport efter 1. og 2. måleår for de otte modeldambrug og endvidere i den faglige samle-rapport, der skal afslutte måle- og dokumentationsprojektet for model-dambrug. Der foretages heller ikke sammenligninger med resultaterne fra de andre modeldambrug under forsøgsordningen.

Da der er tale om resultater fra ét måleår ud af to bør der ikke drages for bastante konklusioner. Nogle resultater har et tilstrækkeligt sikkert grundlag til at der kan laves konklusioner, andre er af mere foreløbig karakter. Endvidere må det forventes at der i andet måleår sker en stabilisering omkring driftsforhold, biofiltrenes funktion og plantedækningen i plantelagunerne.

Vandforbrug, -flow og opholdstid

Der er i gennemsnit i det første måleår indtaget 17,6 l/s hvilket er en anelse over det tilladelige vandforbrug på 17 l/s. Det interne vandflow er estimeret til 200-300 l/s i hvert anlæg, og recirkuleringsgraden har været 98-99 %. For et modeldambrug type III er forudsat en recirkuleringsgrad på mindst 95 %. Vandforbruget er med ca. 5.400 l vand pr. kg produceret fisk en faktor 8-10 lavere end i traditionelle gennemstrømningsanlæg.

I produktionsanlægget er der et mindre vandtab på omkring 1,5 l/s, hvilket formentlig skyldes utætheder. Således er f.eks. bunde i beluftningsbrøndene ikke støbt. Over plantelagunen er der derimod et beskedent netto vandførsel på cirka 2 l/s, hvilket vurderes fortrinsvist at være forårsaget af tilstrømning af overfladenært grundvand.

Den hydrauliske belastning af plantelagunerne på 0,012 l pr. m² plantelagune er ca. halvdelen af den maksimalt tilladte belastning (*Bekendtgørelse om modeldambrug, 2002*). Det vurderes ikke at være et problem ift. til hovedparten af de omsætningsprocesser, der sker i plantelagunerne og det vil kunne øge sedimentation af partikler. Såfremt plantevæksten er beskeden vil langsomtflydende vand øge risikoen for en opblomstring af trådalger, hvilket faktisk har været konstateret på Tvilho Dambrug i første måleår.

Opholdstiden i det samlede produktionsanlæg har i gennemsnit været 26 timer og for hele dambruget 47 timer. *Bekendtgørelsen for modeldambrug (2002)* forudsætter en opholdstid på mindst 18,5 timer i produktionsanlægget. Med en opholdstid på 2 døgn vil man umiddelbart forvente at hovedparten af let omsætteligt organisk stof (BI₅) når at blive omsat (*Fjorback et al., 2003*), ikke mindst ved højere temperaturer om sommeren hvor også BI₅-bidraget fra fiskeproduktionen er størst.

Foder og produktionsbidrag

Tvilho Dambrug har i første år af måle- og dokumentationsprogrammet kun anvendt knap 70 % af dambrugets tilladte foderkvote. De opnåede resultater skal ses i lyset heraf. Endvidere har det haft betydning for de opnåede resultater, at der tidligt på sommeren 2005 var store sygdoms-problemer, hvor næsten hele den stående bestand døde.

Produktionsbidraget er hovedkilden for stoftilførsel til dambruget, idet stoftilførsel med indtagsvandet udgør fra omtrent 11-18 % for BI_5 , ammonium-N, total fosfor og COD til cirka 32 % for total kvælstof i forhold til den samlede stoftilførsel til Twilho Dambrug.

Stofkoncentrationer

I de første måneder af 1. måleår er der ret varierende koncentrationer af de kemiske variable i afløbet fra de fire produktionsenheder f.eks. for ammonium-N og BI_5 . Dette afspejler til dels et varierende foderforbrug, men antages også at afspejle indkøring af driftsrutinerne ift. f.eks. tømning af slamkegler og returskylning af biofiltre, hvorved vandforbruget hertil gradvist reduceres. Det afspejler også, at det tager tid for mikroorganismerne, der bidrager til omsætningsprocesserne i biofiltrene at etablere sig.

Koncentrationen i afløbet fra dambruget stabiliseres ligeledes i løbet af de første måneder, både fordi foderforbruget stabiliseres og belastningen af plantelagunerne dermed stabiliseres, og fordi der gradvist etableres mere plantedække i disse. Ammonium-N koncentrationen nedstrøms biofiltrene i de fire produktionsenheder har varieret en del gennem første måleår. I sommerhalvåret var niveauet generelt højt, mellem 1 og 6 mg N/l, mens det i vinterhalvåret lå på 0,5-1 mg N/l. De høje sommer ammoniumværdier indikerer, at der ikke altid har været tilstrækkelig omsætning af ammonium til nitrat i dambrugets biofiltre.

Udlederkrav

Hvis man fokuserer på overholdelse af udlederkrav alene i relation til kontrolværdier efter modeldambrugsbekendtgørelsens bestemmelser, så er det kun kravet til ammonium-N, som er overskredet. Dette krav er dog i miljøtilladelsen skærpet med en faktor tre ifh. til kravværdier til andre forurenende stoffer og dambrugsbekendtgørelsens bestemmelser, idet der ikke som for de andre kravværdier er kompenseret fuldt ud for det reducerede vandforbrug på Twilho Dambrug efter ombygning til modeldambrug. Udledningen af total-fosfor ligger lige på grænsen af udlederkravet, men er overholdt ved afrunding af kontrolværdien til en decimal, som angivet i dambrugets miljøgodkendelse.

I forhold til miljøgodkendelsens krav om tilstandskontrol på koncentrationen i afledningen fra dambruget overholdes disse for suspenderet stof og BI_5 , mens der er en overskridelse af kontrolkravet på ammonium på godt 50% og for total kvælstof på godt 35 %, mens total fosfor ved afrunding til nærmeste decimal netop overholder overholde kravene.

Den omtalte beskedne nettovandtilførsel af indsivende grundvand over plantelagunerne har ikke umiddelbart nogen betydning for overholdelse

af udlederkontrollen, da den i henhold til dambrugets miljøgodkendelse skal foretages som en tilstandskontrol, dvs. på stofkoncentrationer og ikke stofmængder.

Trods denne generelle overholdelse af udlederkravene ift. modeldambrugsbekendtgørelsesens bestemmelser er nogle af udledningstallene mindre positive på Tvilho dambrug. Med hensyn til dambrugets netto rensegrader i første måleår, er der således for total-N kun opnået 24 % rensning mod forventet 32 %. Rensegraden for total-P er netop opnået ifh. det forventede (64 % ifh. til forventet 60 %) mens den forventede rensegrad for letomsætteligt organisk stof (BI₅) fuldt ud er opnået med en plusmargin på 10 % - point.

Udledningen af ammonium-N og total kvælstof fra Tvilho Dambrug er den mest kritiske parameter for overholdelse af udlederkravene jf. ovenstående. Ved fodertildeling til modeldambrug under forsøgsordningen er der set bort fra kvælstof (N) som begrænsende stof for fodertildelingen under forsøgsordningen (*Bekendtgørelse om modeldambrug (2002) og Pedersen et al. (2003)*). Det betyder at det er vigtigt at sikre en tilstrækkelig fjernelse af kvælstof, såvel ammonium-N som andre kvælstofholdige stoffer, for at bevare den tildelte foderkvote under forsøgsordningen eller for den sags skyld at kunne få den forøget.

Stofudledning pr kg produceret fisk

Den målte netto total-kvælstof stofudledning i gram pr. kg. produceret fisk (20,7 g) har været noget højere end f.eks. målt under det tidligere forsøgsprojekt på Døstrup Dambrug ved Hobro (5-11 g) (*Fjorback et al., 2003*). Derimod er den relative stofudledning af ammonium-N (2,9 g), total fosfor (1,31 g) og BI₅ (6,9 g) fra Tvilho Dambrug noget lavere end udledningen fra Døstrup Dambrug (hhv. 4-6 g, 2 g og 20-28 g). Når tallene sammenlignes skal der tages højde for at Døstrup Dambrug havde et betydeligt stofbidrag med indtagsvandet, således at stofudledningen betinget af fiskeproduktionen var svær at bestemme entydigt.

Ifølge Miljøstyrelsens opgørelse for ferskvandsdambrug udledtes der i 2003 3.098 t BI₅, 1.119 t total-N og 90 t total-P ved en produktion på 29.434 t ørreder. Heraf kan beregnes gennemsnitlige specifikke udledninger til sammenligning med hvad der er målt på Tvilho Dambrug (tabel 15).

	Specifik udledning – netto (kg/t fisk produceret)		Tvilho i % af gennemsnit DK
	Gennemsnit Danmark	Tvilho Dambrug - 1. måleår	
Organisk stof (BI ₅)	105,3	6,9	7
Total-N	38,0	20,7	54
Total-P	3,1	1,3	42

Tabel 15. Specifikke udledninger netto som gennemsnit for ferskvandsdambrug i Danmark (i 2003) og for Tvilho Dambrug det første måleår: I sidste kolonne er de specifikke tab ved Tvilho Dambrug angivet i procent af gennemsnittet for ferskvandsdambrug i Danmark.

Tvilho Dambrug har omtrent halveret den specifikke udledning af total-N og total-P ved sammenligning med traditionelle dambrug, mens reduktion i udledningen af organisk stof har været meget markant.

Stoffjernelse og rensegrader

Der er stor forskel på, hvor stor en del af de forskellige stoffer der tilføres dambruget, som ender med at blive udledt til Nørbæk. Målingerne fra det første måleår viser at 23 % af den samlede ammonium-N tilførsel løber ud i vandløbet, mens det for total kvælstof er hele 84 %. Den procentuelle udledning af organisk stof er 32 % mens 45 % af det tilførte fosfor udledes til vandløbet. Den fosfor som udledes er for en stor del på opløst og dermed biotilgængelig form.

De opnåede nettorensgrader (dvs. stoffjernelsen relateret til produktionsbidraget) har været på 85 % for BI_5 og 64 % for total-P, hvilket er over de forudsatte værdier i modeldambrugsbekendtgørelsens krav til modeldambrug type III uden mikrosigter (*Bekendtgørelse for modeldambrug, 2002*). For total-kvælstof har nettorensgraden med 24 % derimod været noget under den forventede værdi som med 1.375 m² plantelagune er forudsat til 32 %.

I produktionsanlægget fjernes 39-46 % af det samlede tilførte organiske stof, selv når der er taget højde for det stof, der efterfølgende tabes med klaringsvand fra slambedene. For ammonium-N fjernes 61 % af den tilførte stofmængde, mens der ikke sker nogen fjernelse af total-N og total-P. Derimod fjerner plantelagunen knap 20 % af det tilførte total-kvælstof, mens den fjerner mellem 37 og 53 % af organisk stof, ammonium-N og fosfor.

Plantelagunen har opfyldt forventninger og forudsætninger for fjernelse af total-N, idet der er tilbageholdt 1,95 g N/m² ifh. til modeldambrugsbekendtgørelsens forudsætning om tilbageholdelse af 1 g N/m². Dette til trods for en beskeden plantedækning i første del af måleåret, og en generel forventning om, at der fremover kan opnås væsentlig bedre kvælstoffjernelse i lagunen.

Det klaringsvand, der tilløber plantelagunen fra dambrugets slambassiner indeholder meget fosfor og letomsætteligt organisk stof (BI_5) når tallene ses i forhold til det bidrag, der kommer fra produktionsanlægget. Endvidere tilfører klaringsvandet en større mængde ammonium til plantelagunerne. Derfor bør man foretage indretnings- eller driftsmæssige ændringer på Tvilho Dambrug således at stoftilbageholdelsen i slambassinerne øges inden tilledning af klaringsvand til plantelagunerne.

Den samlede kvælstoffjernelse henover dambruget er lille i forhold til fjernelsen af andre stoffer, hvilket bl.a. skyldes manglende fjernelse af total-N i produktionsanlægget (kun 10 %). Idet fjernelsen af ammonium-N i produktionsanlæggets slamfælder og biofiltre imidlertid er relativt høj (77 %) tyder det på, at der godt nok sker en oxidation af ammonium til nitrit/nitrat i produktionsanlægget, men at der ikke videre sker en tilfredsstillende denitrifikation af nitrat til frit kvælstof, hvilket ville nedbringe total-N koncentrationen. Disse forhold indikerer, at man bør fokusere på biofiltrenes/anlæggets denitrifikationseffekt mhb. på at reducere dambrugets udledning af total-N. Der har dog som nævnt også væ-

ret perioder på Tvilho Dambrug, hvor ammonium-N koncentrationerne i produktionsvandet har været høje, hvorfor det også er relevant at se nærmere på muligheden for øget ammoniumomsætning i produktionsanlægget.

Udover generelle indkøringsvanskeligheder på anlægget har der i starten af første måleår været relativ lidt vegetation i plantelagunen, og eftersom dette var på et tidspunkt, hvor man samtidig var under indkøring af anlægget og havde relativ stor udfodring, opstår store udledninger fra dambruget tidligt på sommeren 2005. Med mere plantevækst i lagunen og øget erfaring med drift af anlægget forventes disse tal forbedrede i andet måleår. Idet man også har ændret på udløb fra både produktionsanlæg og slambassiner, således at dette nu sker omtrent hvor plantelagunen starter, forventes der også her en reducerende effekt på dambrugets udledninger, idet ændringen øger udnyttelsen af plantelagunens renskapacitet.

Vandløbsfauna

Målsætningen i Nørbæk, som er DVFI lig 5, har været opfyldt ved samtlige vandløbsbedømmelser foretaget såvel op- som nedstrøms dambruget i perioden marts 2004 – juni 2006. Der ses ikke nogen entydig effekt på vandløbets smådyrsfauna som følge af omlægningen fra traditionelt dambrug til modeldambrug.

13 Litteraturliste

Bekendtgørelse om modeldambrug (2002). Bekendtgørelse om modeldambrug. 10 s. - BEK nr. 923 af 08/11/2002 pp.

Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug (2004). Bekendt om ændring af bekendtgørelse om modeldambrug. 2 s. - BEK nr. 328 af 15/03/2004.

Dambrugsudvalget (2002). Dambrugsudvalget. Udvalget vedr. dambrugserhvervets udviklingsmuligheder. 78 s. Rapport. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Dansk Standard (1999). DS 2399 Afløbskontrol. Statistisk kontrolberegning af afløbsdata.

Fjordback, C., Larsen, S.E., Skriver, J., Svendsen, L.M., Nielsen, P. & Riis-Vestergaard, J. (2003) Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Resultater og konklusioner. Danmarks Miljøundersøgelser. 272 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 260.

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998). Afløbskontrol af dambrug. Statistiske aspekter og opstilling af kontrolprogrammer. Danmarks Miljøundersøgelser. 86 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 260.

Larsen, S.E. & Svendsen, L.M. (1998). Notat vedr. tilpasning af udlederkontrol ved overgang fra tilstandskontrol til transportkontrol. Notat fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Miljøstyrelsen (1998). Biologisk vandløbsbedømmelse af vandløbskvalitet. Miljø- og Energiministeriet. 39 s. - Vejledning nr. 5/1998.

Pedersen, P.B. Grønborg, O., & Svendsen, L.M. (red.) (2003). Modeldambrug. Specifikationer og godkendelseskrav. Rapport fra faglig arbejdsgruppe. 82 s. - Arbejdsrapport fra DMU, nr. 183

Ribe Amt (2004). Mijøgodkendelse af Tvilho Dambrug, 27s.

Skriver, J., Riis, T., Carl, J., Friberg, N., Ernst, M.E., Frandsen, S.B., Sode, A. & Wiberg-Larsen, P. (1999). Biologisk overvågning i vandløb 1998-2003. Biologisk vandløbskvalitet (DVFI). Udvidet biologisk program. NO-VA2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 41 s. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 16.

Svendsen, L.M. & Pedersen, P.B. (reds.) (2004). En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. 118 s. - DFU-rapport nr. 132-04, 118 p.

DFU-rapporter – index

Denne liste dækker rapporter udgivet i indeværende år samt de foregående to kalenderår. Hele listen kan ses på DFU's hjemmeside www.dfu.min.dk, hvor de fleste nyere rapporter også findes som PDF-filer.

- | | |
|-------------|--|
| Nr. 130-04 | Bestanden af blåmuslinger i Limfjorden 1993 til 2003. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann. |
| Nr. 131-04 | Udsætningsforsøg med ørred (<i>Salmo trutta</i>) i Gudenåen og Randers Fjord, gennemført i 1982-83, 1987-89 og 1994-96. Stig Pedersen og Gorm Rasmussen |
| Nr. 132-04 | En undersøgelse af muligheder for etablering af måleprogram på såkaldte modeldambrug. Lars M. Svendsen og Per Bovbjerg Pedersen |
| Nr. 133-04 | Udnyttelse af strandkrabber. Knud Fischer, Ole S. Rasmussen, Ulrik Cold og Erling P. Larsen |
| Nr. 134-04 | Skjern Å's lampretter. Nicolaj Ørskov Olsen og Anders Koed |
| Nr. 135-04 | Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel. Lars-Flemming Pedersen, Ole Sortkjær, Morten Sichlau Bruun, Inger Dalsgaard & Per Bovbjerg Pedersen |
| Nr. 135a-04 | Supplerende teknisk rapport (Anneks 1 – 8) til DFU-rapport nr. 135-04. Undersøgelse af biologiske halveringstider, sedimentation og omdannelse af hjælpestoffer og medicin i dam- og havbrug, samt parameterfastsættelse og verifikation af udviklet dambrugsmodel. Lars-Flemming Pedersen, Ole Sortkjær, Morten Sichlau Bruun, Inger Dalsgaard og Per Bovbjerg Pedersen |
| Nr. 136-04 | Østersfiskeri i Limfjorden – sammenligning af redskaber. Per Dolmer og Erik Hoffmann |
| Nr. 137-04 | Hjertemuslinger (<i>Cerastoderma edule</i>) på fiskebankerne omkring Grådyb i Vadehavet, 2004. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl |
| Nr. 138-04 | Blåmuslinger (<i>Mytilus edulis</i> L.) og molboøsters (<i>Arctica islandica</i> L.) i det nordlige Lillebælt i 2004 (fiskerizone 37 og 39). Forekomster og fiskeri. Per Sand Kristensen |
| Nr. 139-05 | Smoltdødeligheder i Årslev Engsø, en nydannet Vandmiljøplan II-sø, og Brabrand Sø i foråret 2004. Kasper Rasmussen og Anders Koed |
| Nr. 140-05 | Omplantede blåmuslinger fra Horns Rev på bankerne i Jørgens Lo og Ribe Strøm 2002-2004. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl |
| Nr. 141-05 | Blåmuslingebestanden i det danske Vadehav efteråret 2004. Per Sand Kristensen, Niels Jørgen Pihl og Rasmus Borgstrøm |
| Nr. 142-05 | Fiskebestande og fiskeri i 2005. Sten Munch-Petersen |

- Nr. 143-05 Opdræt af torskeyngel til udsætning i Østersøen (forprojekt). Josianne G. Støttrup, Julia L. Overton, Christian Möllmann, Helge Paulsen, Per Bovbjerg Pedersen og Peter Lauesen
- Nr. 144-05 Skrubbeundersøgelser i Limfjorden 1993-2004. Hanne Nicolajsen
- Nr. 145-05 Overlevelsen af laksesmolt i Karlsgårde Sø i foråret 2004. Anders Koed, Michael Deacon, Kim Aarestrup og Gorm Rasmussen
- Nr. 146-05 Introduktion af økologi og kvalitetsmærkning på danske pionerdambrug. Lars-Flemming Pedersen, Villy J. Larsen og Niels Henrik Henriksen
- Nr. 147-05 Fisk, Fiskeri og Epifauna. Limfjorden 1984 – 2004. Erik Hoffmann
- Nr. 148-05 Rødspætter og Isinger i Århus Bugt. Christian A. Jensen, Else Nielsen og Anne Margrethe Wegeberg
- Nr. 149-05 Udvikling af opdræt af aborre (*Perca fluviatilis*), en mulig alternativ art i ferskvandsopdræt. Helge Paulsen, Julia L. Overton og Lars Brünner
- Nr. 150-05 First feeding of Perch (*Perca fluviatilis*) larvae. Julia L. Overton og Helge Paulsen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 151-05 Ongrowing of Perch (*Perca fluviatilis*) juveniles. Julia L. Overton og Helge Paulsen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 152-05 Vurdering af ernæringstilstand for aborre. Helge Paulsen, Julia L. Overton, Dorthe Frandsen, Mia G.G. Larsen og Kathrine B. Hansen. (Kun udgivet elektronisk)
- Nr. 153-05 Myndighedssamarbejdet om fiskeriet i Ringkøbing og Nisum fjorde. Redaktion: Henrik Baktoft og Anders Koed
- Nr. 154-05 Undersøgelse af umodne havørreders (grønlændere) optræk i ferskvand om vinteren. Anders Koed og Dennis Søndergård Thomsen
- Nr. 155-05 Registreringer af fangster i indre danske farvande 2002, 2003 og 2004. Slutrapport. Søren Anker Pedersen, Josianne Støttrup, Claus R. Sparrevohn og Hanne Nicolajsen
- Nr. 156-05 Kystfodring og godt fiskeri. Josianne Støttrup, Per Dolmer, Maria Røjbek, Else Nielsen, Signe Ingvarsdén, Christian Laustrop og Sune Riis Sørensen
- Nr. 157-05 Nordatlantiske havøkosystemer under forandring – effekter af klima, havstrømme og fiskeri. Søren Anker Pedersen
- Nr. 158-06 Østers (*Ostrea edulis*) i Limfjorden. Per Sand Kristensen og Erik Hoffmann
- Nr. 159-06 Optimering af fangstværdien for jomfruhummere (*Nephrops norvegicus*) – forsøg med fangst og opbevaring af levende jomfruhummere. Lars-Flemming Pedersen
- Nr. 160-06 Undersøgelse af smoltudtrækket fra Skjern Å samt smoltdødelighed ved passage af Ringkøbing Fjord 2005. Anders Koed

- Nr. 161-06 Udsætning af geddeyngel i danske søer: Effektvurdering og perspektivering. Christian Skov, Lene Jacobsen, Søren Berg, Jimmi Olsen og Dorte Bekkevold
- Nr. 162-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 162a-06 Avlsprogram for regnbueørred i Danmark. Bilagsrapport. Alfred Jokumsen, Ivar Lund, Mark Henryon, Peer Berg, Torben Nielsen, Simon B. Madsen, Torben Filt Jensen og Peter Faber
- Nr. 163-06 Skarven (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) og den spættede sæls (*Phoca vitulina* L.) indvirkning på fiskebestanden i Limfjorden: Ecopath modellering som redskab i økosystem beskrivelse. Rasmus Skoven
- Nr. 164-06 Kongeåens Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 165-06 A pilot-study: Evaluating the possibility that Atlantic Herring (*Clupea harengus* L.) exerts a negative effect on lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) in the North Sea, using IBTS-and TBM-data. Mikael van Deurs
- Nr. 166-06 Ejstrupholm Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.
- Nr. 167-06 Blåmuslinge- og Stillehavssøstersbestanden i det danske Vadehav efteråret 2006. Per Sand Kristensen og Niels Jørgen Pihl
- Nr. 168-06 Tvilho Dambrug – et modeldambrug under forsøgsordningen. Statusrapport for første måleår af monitoringsprojektet. Lars M. Svendsen, Ole Sortkjær, Niels Bering Ovesen, Jens Skriver, Søren Erik Larsen, Per Bovbjerg Pedersen, Richard Skøtt Rasmussen og Anne Johanne Tang Dalsgaard.